

Е. Б. ГУМЕЛЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

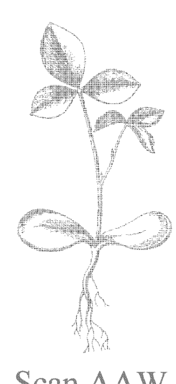
МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

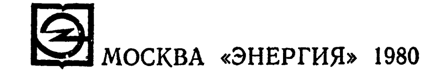
Основана в 1947 году

Выпуск 1008

Е. Б. ГУМЕЛЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ





МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.844
Г94
УДК 621.396.62 : 621.382.3

Гумеля Е. Б.

Г94 Любительские транзисторные приемники. — М.: Энергия, 1980. — 80 с., ил. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1008).

45 к.

В книге описываются супергетеродинные приемники, отмеченные призами на юбилейных конкурсах журнала «Радио» и 27-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ, а также два миниатюрных приемника, разработанных специально для питания от батарей с номинальным напряжением 4,5 и 3 В. Подробно рассмотрены принципы построения схем, их особенности и конструкции узлов. Даются рекомендации по изготовлению приемников, их настройке.

Все приемники доступны для повторения радиолюбителями средней квалификации.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей-конструкторов.

Г $\frac{30404\text{-}034}{051(01)\text{-}80}$ 243-80. 2402020000 ББК 32.844 6Ф2.12

Евгений Борисович Гумеля

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Редактор В. Г. Борисов
Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника Н. Т. Ярешко
Технический редактор В. В. Хапаева
Корректор О. И. Трушля

ИБ № 1497

Сдано в набор 13.08.79. Подписано в печать 12.03.80. Т-01091. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарн. шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,20. Уч.-изд. л. 5,71. Тираж 100 000 экз. Заказ № 117. Цена 45 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из направлений радиолюбительского творчества является изготовление радиовещательных приемников различного назначения: миниатюрных (карманных), переносных и стационарных.

Современный радиовещательный приемник является довольно сложным радиотехническим устройством, включающим в себя в той или иной мере последние достижения радиоэлектроники, поэтому изучение построений схем, изготовление и налаживание доступного каждому радиолюбителю радиовещательного приемника являются хорошей школой для будущих специалистов по радиоэлектронике.

Схемные и конструктивные решения, положенные в основу описываемых приемников, находятся на уровне современных отечественных и зарубежных транзисторных приемников, обычно выполняемых на интегральных микросхемах. В трактах преобразования и усиления радио- и звуковых частот применены групповые способы установления и стабилизации режимов отдельных каскадов, что, несмотря на большее количество активных элементов (транзисторов), упрощает изготовление и налаживание приемников, делает практически независимой их работу от колебаний напряжения питания и окружающей температуры. При этом одновременно улучшаются отдельные эксплуатационные характеристики, качество радиоприема.

Описание приемников составлено так, чтобы читатель не только мог повторить любую из описанных конструкций, но и в своей самостоятельной радиолюбительской деятельности использовать те из элементов схем, которые ему подойдут для создания собственных конструкций.

Собранные в брошюре описания приемников ранее были опубликованы в журнале «Радио», однако с течением времени отдельные узлы перерабатывались с целью улучшения характеристик и дальнейшего упрощения налаживания приемников. По этой причине и с учетом вопросов и замечаний, изложенных в письмах радиолюбителей, переработаны описания работы каскадов приемников, их конструкций и способов изготовления и налаживания. В отдельной главе изложены принципы, положенные в основу разработки схем приемников.

Автор надеется, что предлагаемая книга поможет радиолюбителям-конструкторам в их практической деятельности.

Ваши отзывы и пожелания просим присылать по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Автор

СХЕМНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ПРИЕМНИКОВ

Выбор структурной схемы. Основным параметром любого приемника, предназначенного для прослушивания программ радиовещательных станций, является качество звучания. Оно определяется двумя факторами: качеством приема радиопередач и качеством его звуковоспроизведения. Первый фактор зависит от уровня сигналов радиостанций в месте приема, уровня помех, селективности приемника и степени искажений сигналов в радиотракте и тракте звуковой частоты. Уровень сигнала на входе приемника зависит от отдаленности принимаемой радиостанции, мощности ее передатчика, условий распространения радиоволн и эффективности приемной антенны. В основном от этих же условий зависит и уровень помех. Селективность же приемника зависит от числа и качества примененных в нем фильтров (контуров) высокой и промежуточной частот, линейности амплитудных характеристик активных (усилительных) элементов радиотракта и выбора их режимов работы, от соотношения сигнал/шум на входе радиоприемника. От этих же условий зависят и искажения принимаемых сигналов в радиотракте.

Второй фактор — качество звуковоспроизведения — зависит от качества примененной динамической головки прямого излучения, ее акустического оформления (материала и конструкции корпуса приемника), и от качественных характеристик усилителя звуковой частоты (УЗЧ).

Исходя из этих основных предпосылок разработаны предлагаемые вниманию радиолюбителей приемники.

Высокочастотные тракты (радиотракты) описываемых приемников соответствуют основным характеристикам, предъявляемым к приемникам II класса (ГОСТ 5651-76). Такие радиотракты сравнительно просты для повторения в любительских условиях и обеспечивают хорошее качество приема радиостанций, достаточно мощных и довольно отдаленных от места приема. Интересно отметить, что разница в качестве приема таких радиостанций с помощью радиотрактов, удовлетворяющих требованиям II, I и даже высшего классов, практически неразличима. Различие становится заметным лишь при приеме сигналов дальних радиостанций, расположенных по частотной шкале рядом с местными мощными радиостанциями. По этой причине радиотракт, удовлетворяющий требованиям ГОСТ на радиоприемники II класса, можно считать оптимальным для прослушивания передач уверенно принимаемых радиостанций.

В то же время в радиотракте II класса имеются некоторые скрытые резервы дальнейшего повышения качества приема без существенных дополнительных затрат, например уменьшение нелинейных искажений за счет применения улучшенных способов детектирования сигналов и автоматической регулировки усиления, за счет повышения стабильности частоты гетеродина и применения эффективных фильтрующих цепей и т. д.

Усилители звуковой частоты всех описываемых приемников рассчитаны на достаточно большую выходную мощность при малом коэффициенте гармоник усиливаемого сигнала и отношении сигнал/шум, практически не зависящем от громкости звуковоспроизведения. Динамические головки выбраны такой номинальной мощности, при которой не происходит перегрузки других акустических элементов конструкции приемника и самих головок выходной мощностью усилителей.

Для высококачественного звуковоспроизведения необходимо увеличивать свободное пространство в корпусе приемника, жесткость и в то же время эластичность конструкции, повышать запас мощности усилителей и головок громкоговорителей, расширять их частотный диапазон и т. п. Это объясняется тем, что отдельные элементы конструкции могут резонировать на определенных частотах звукового диапазона, демпфировать отдельные частоты, вносить неприятные призвуки, ухудшающие достигнутое в радиотракте и тракте звуковой частоты качество звуковоспроизведения. По этой причине корпуса приемников радиокомплекса и переносных приемников выполнены из дерева, обладающего лучшими, чем у пластмасс, акустическими характеристиками. Монтажные платы приемников сделаны возможно меньших размеров, чтобы обеспечить максимальный свободный объем внутри корпусов.

Большое значение для современного приемника имеют внешний вид, удобство расположения органов управления и удобная шкала настройки. Так, например, в приемнике радиокомплекса с диапазоном УКВ из конструктивных соображений выбрана фиксированная настройка на радиостанции, что кроме экономии дополнительного переключателя, устранения привода к органу настройки блока УКВ создает определенные эксплуатационные удобства. Местные, уверенно принимаемые программы диапазона УКВ удобно включать простым нажатием кнопки. Совмещение функций переключателя диапазонов ДВ, СВ и КВ с переключателем программ диапазона УКВ вполне возможно, так как в больших городах на сегодняшний день число программ не превышает пяти.

Все эти выбранные конструктивные и эксплуатационные особенности наложили определенный отпечаток на схемотехнику построения радиотрактов и УЗЧ приемников. Например, применение фиксированных настроек на радиостанции диапазона УКВ без усложнения конструкции стало возможным только благодаря применению электронной настройки контуров блока УКВ. Существенное упрощение коммутации контуров в переносном приемнике стало возможным благодаря применению гетеродина, требующего для коммутации связи его активной части с контурами различных поддиапазонов переключателя одного направления вместо двух. Глубокая автоматическая регулировка усиления (АРУ) в радиотракте, исключающая перегрузку каскадов предварительного усиления звуковой частоты, даже при приеме близких мощных радиостанций позволила включить регулятор громкости после этих каскадов и тем самым снизить уровень шумов при прослушивании передач с малой громкостью звуковоспроизведения.

Кроме того, радиотракты и УЗЧ выполнены таким образом, что режим транзисторов практически всех каскадов устанавливается автоматически и поддерживается в необходимых пределах при изменении напряжения источника питания, температуры окружающей среды и замене транзисторов. Так, например, все транзисторы радио-

тракта АМ охвачены общей цепью ООС, стабилизирующей их режим и режим детекторного каскада. Выходные транзисторы УЗЧ работают с весьма малым (не контролируемым при налаживании) начальным током коллекторов, температурное изменение которого не может привести к сколь-либо заметному энергетическому и тепловому нарушениям режима их работы. Все эти принятые меры потребовали некоторого увеличения числа транзисторов, используемых в приемниках, но одновременно и снизили требования к параметрам транзисторов, исключили необходимость их разбраковки и точного

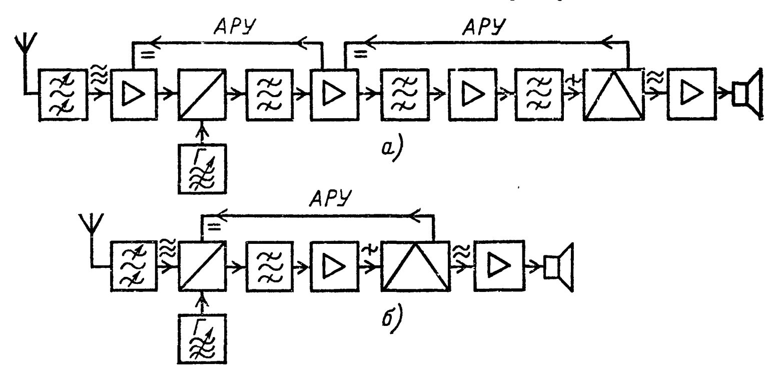


Рис. 1. Структурные схемы супергетеродинных приемников.

а — типового приемника II класса; *б* — описываемых приемников.

индивидуального подбора их режимов. Принятое построение приемников сократило число других радиодеталей, применяемых в приемниках, например конденсаторов, и упростило изготовление самодельных деталей, таких, например, как катушки, за счет исключения или сокращения числа дополнительных отводов в них.

Знакомство с будущим приемником удобно начать по его подробной структурной схеме с распределением усиления по трактам радио- и звуковой частот. На рис. 1, *а* представлена структурная схема приемника АМ сигналов (без диапазона УКВ), удовлетворяющая ГОСТ, требованиям к приемникам II класса, на рис. 1, *б* — структурная схема описываемых приемников. Разберем подробно каждый из составляющих элементов.

Входная цепь приемника—это прежде всего колебательный контур, перестраиваемый в заданном поддиапазоне частот конденсатором переменной емкости. Для перехода на другой поддиапазон с помощью переключателя диапазонов коммутируют катушки, грубо перестраивающие этот контур в нужный частотный участок.

К входному контуру предъявляются вполне определенные требования, так как в современном супергетеродинном приемнике с магнитной антенной он является источником принимаемых сигналов для первого каскада приемника и обеспечивает избирательные свойства (селективность) приемника по отношению к помехам по зеркальному каналу приема и помехам на частотах, близких к промежуточной частоте.

Так как пользование переносными приемниками с внешней, а тем более стационарной антенной сопряжено с определенными экс-

плуатационными неудобствами, в современных приемниках применяют магнитные антенны, представляющие собой ферритовые стержни с размещенными на них катушками входных контуров различных радиовещательных диапазонов. Часть витков этих катушек или катушки связи с ними и служат упомянутым источником сигналов при настройке соответствующих контуров в резонанс с частотой электромагнитного поля принимаемых радиостанций. Магнитные антенны целесообразно применять и в стационарных приемниках, так как они снижают уровень промышленных помех (от различного рода электродвигателей, выключателей электросети и телевизоров) и помех от мощных близко расположенных радиостанций (если они находятся не в одном направлении с принимаемой радиостанцией).

Однако в распоряжении радиолюбителей не всегда имеются ферритовые стержни, которые можно использовать для магнитных антенн приемников, предназначенных для работы на КВ. Это обстоятельство приводит к необходимости применения либо штыревых, либо рамочных антенн. Штыревые антенны, правильно связанные с входным контуром приемника, при высоте 0,8—1 м обеспечивают, как правило, больший уровень сигнала на входе первого транзистора приемника, чем рамочные или магнитные антенны, но пользоваться переносным приемником со штыревой антенной менее удобно и изготавливать ее в любительских условиях весьма затруднительно. Поэтому в описываемом переносном приемнике без диапазона УКВ применена рамочная антенна, выполненная в виде ручки для переноски приемника. При сравнительно больших габаритах этого приемника, продиктованных прежде всего акустическими соображениями, эффективность рамочной антенны занимает среднее положение между эффективностью магнитной и штыревой антенн. Она вполне достаточна для уверенного приема радиостанций в диапазоне КВ. На СВ и ДВ используется магнитная антенна, выполненная на стержне из феррита с магнитной проницаемостью 400 или 600 (феррит марок 400НН, 600НН). Такой комплект антенн в переносном приемнике делает его эксплуатацию очень удобной: он всегда готов к работе, в том числе и тогда, когда в силу каких-либо условий его необходимо использовать в горизонтальном положении (неровная почва, наклонная поверхность, мягкий диван, т. е. везде, где приемник может потерять устойчивость). Возможность вращения ручки-антенны вокруг оси крепления позволяет при горизонтальном положении приемника установить антенну в вертикальной плоскости, в которой она имеет наибольшую эффективность. Кроме того, изменение положения антенны в некоторых случаях позволяет уменьшить влияние замираний сигнала, так как антенна при этом начинает принимать сигналы с другой плоскостью поляризации электромагнитной волны. Вращение приемника в горизонтальной плоскости позволяет уменьшить помехи со стороны мощных близко расположенных радиостанций при приеме дальних, близко расположенных по частотной шкале, но, конечно, не находящихся в одном и том же направлении по отношению к месту приема.

Значительная частотная плотность радиостанций диапазона КВ (по сравнению с диапазонами ДВ и СВ) требует для упрощения настройки приемника разделения этого диапазона на несколько поддиапазонов, растянутых на всю длину шкалы. Это обстоятельство существенно усложняет коммутацию элементов входного и гетеродинного контуров, особенно в том случае, когда необходимо коммутировать и элементы связи с рамочной или штыревой антеннами

(рис. 2, *а* и *б*). При такой системе коммутации число контурных катушек растет пропорционально числу диапазонов, что затрудняет конструирование и налаживание приемника. Так как конденсаторы занимают меньше места по сравнению с катушками и имеют определенную емкость, не требующую измерения в радиолюбительских условиях, то коммутацию входного контура, связанного с рамочной антенной, целесообразно выполнять по схеме, показанной на рис. 2, *в*. Подбором емкостей конденсаторов, входящих в контур, можно получить ту или иную степень «растяжки» поддиапазонов.

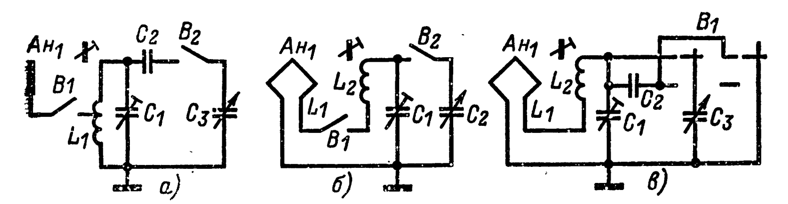


Рис. 2. Схемы коммутации контуров диапазона КВ.

а — со штыревой антенной; *б* — с рамочной антенной; *в* — с рамочной антенной для двух диапазонов.

В тех случаях, когда на всю шкалу приемника растягивают каждый участок КВ диапазона, отведенный для радиовещательных станций (49, 41, 31 и 25 м), предпочтительнее коммутация контуров, изображенная на рис. 3. В этом случае подбором емкостей конденсаторов можно установить границы каждого из поддиапазонов при одной контурной катушке для всех поддиапазонов. Окончательную настройку входного контура и сопряжение его с гетеродинным производят двумя элементами: на самом длинноволновом поддиапазоне — подстроечным сердечником катушки L_1, на самом коротковолновом — подстроечным конденсатором C_1. Цепь связи с антенной в этом случае коммутировать не нужно. Для сохранения высокой добротности и стабильности настроек входного и гетеродинного контуров конденсаторы, входящие в них, должны быть керамическими или слюдяными (КЛС, К22У, КМ, КСОТ и т. п.). Такая система коммутации контуров применяется в описываемых далее приемниках.

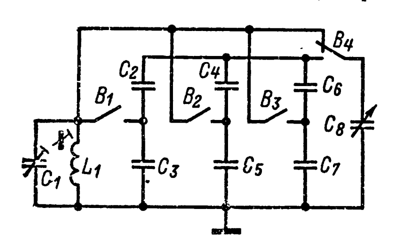


Рис. 3. Схема коммутации контуров «растянутых» КВ диапазонов.

Уровень принимаемого сигнала на выходе входных контуров, которые должны быть оптимально согласованы со входом первого транзистора приемника, для уверенно принимаемых в черте современного города дальних и местных мощных радиостанций находится в пределах от 1—2 мкВ до 30—50 мВ. Нижний предел напряжения сигнала соизмерим с максимальной чувствительностью приемников, которую можно реализовать с помощью современных малошумящих биполярных транзисторов. Верхний предел находится вы-

ше уровня сигнала на входе биполярного транзистора, допустимого с точки зрения неискаженного усиления. Приемник должен хорошо принимать сигналы как нижнего, так и верхнего уровня, причем желательно с постоянной громкостью. Эти свойства приемника определяются первым его каскадом и системой АРУ.

Радиотракты приемников. Процессы, происходящие в радиотракте приемника, разберем на примере двух супергетеродинов промышленного приемника II класса, например ВЭФ-202, ВЭФ-230 (см. рис. 1, *а*), и описываемых приемников (см. рис. 1, *б*). В соответствии с покаскадным разделением структурных схем на рис. 4 показаны диаграммы уровней в радиотрактах: сплошными линиями—для максимальной чувствительности приемников, штриховыми — для максимального входного сигнала. Уровни приведены в децибелах по отношению к 1 мкВ (6 дБ соответствуют отношению напряжений, равному 2). Известно, что заметные искажения огибающей модулированных колебаний при усилении биполярными транзисторами, включенными по схеме ОЭ и ОБ, наступают при уровнях 20—25 мВ. При включении транзисторов по схеме ОК входное напряжение, при котором начинаются искажения, зависит от сопротивления нагрузки и при согласовании по мощности равно 40—50 мВ.

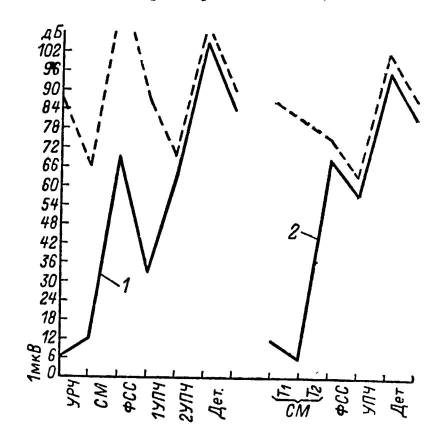


Рис. 4. Диаграммы уровней в радиотрактах приемников.

1 — по структурной схеме на рис. 1, *а*; *2* — по структурной схеме на рис. 1, *б*.

Номинальным напряжением на входе детекторного каскада выбрано напряжение 50 мВ. С учетом этих данных из диаграмм уровней видно, что в радиотракте описываемых приемников (см. рис. 1, *б*) возможность неискаженного усиления сигналов больше, так как ни в одном каскаде, кроме самого первого, не может произойти ограничения сигнала при его увеличении до максимального значения. Правда, читателю пока неясно, почему и как отличаются структурные схемы приемников, так как из них не видно различия в принципиальных схемах каскадов. Для более полного понимания принципиальных отличий проведем сравнение соответствующих каскадов радиотрактов приемников (без деталей цепей питания).

В радиотракте по схеме на рис. 5 первым каскадом является апериодический усилитель радиочастоты (УРЧ) с коэффициентом усиления, равным примерно 2,5, охваченный системой АРУ. Этот каскад может быть выполнен на транзисторе П422 или ГТ322А. При работе АРУ даже при полностью закрытом транзисторе, а тем более при полностью насыщенном, как это имеет место в АРУ «вперед», применяемой в этом приемнике, через проходную емкость транзистора сигнал ВЧ все же будет проникать на его выход, осо-

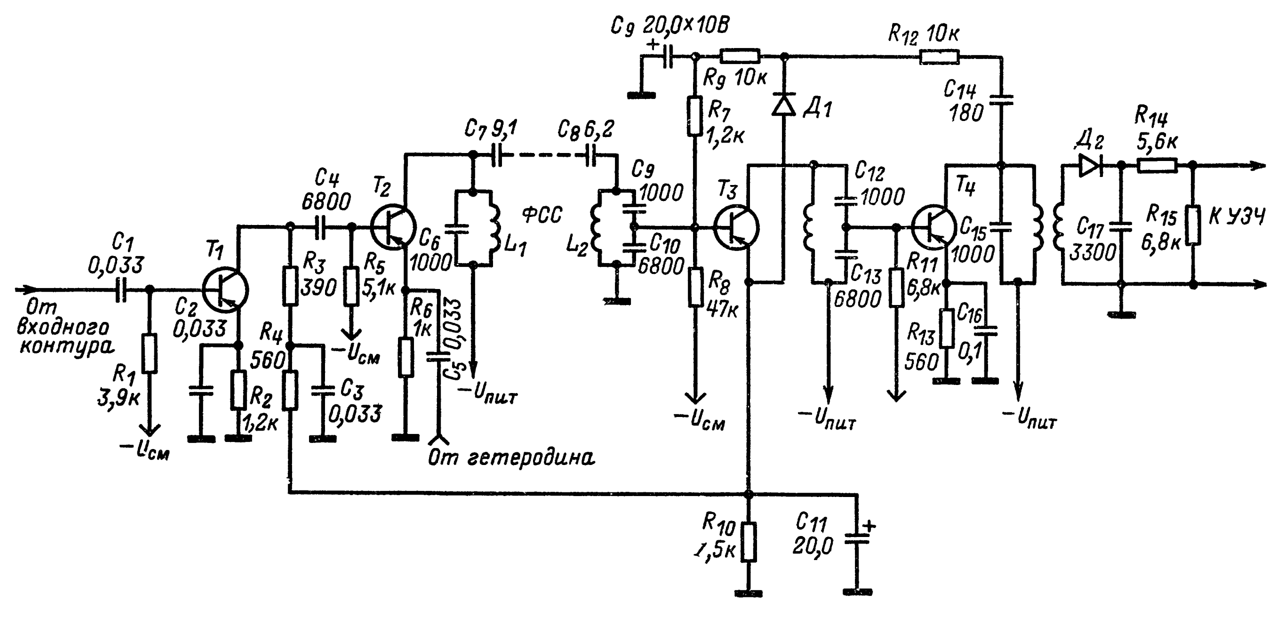


Рис. 5. Упрощенная схема радиотракта промышленного приемника II класса.

бенно на коротких волнах, например на частоте 12 МГц. Это снижает эффективность АРУ и делает ее эффективность неравномерной по диапазону частот. Значительное уменьшение входного сопротивления транзистора при работе в области насыщения, хотя и способствует уменьшению сигнала на входе, приводит к увеличению эффекта блокирования приемника сильными сигналами, лежащими в пределах полосы пропускания входного контура, т. е. АРУ «вперед», расширяя полосу пропускания входного контура, снижает селективность приемника по побочным каналам приема. Приняв, например, максимальное значение проходной емкости для закрытого транзис-

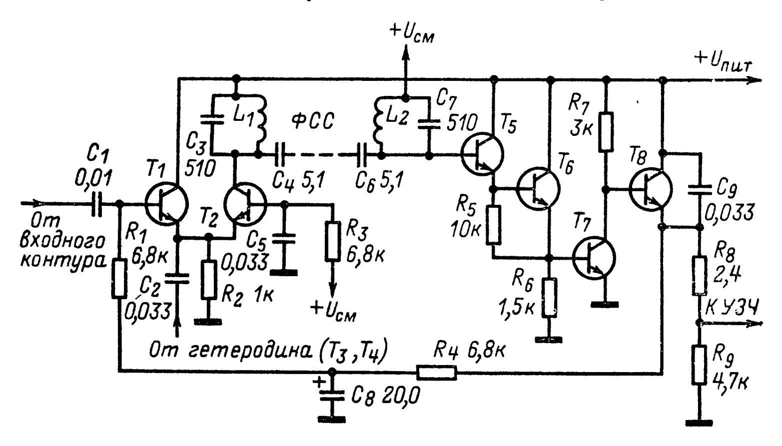


Рис. 6. Упрощенная схема радиотракта описываемых приемников.

тора 2,5 пФ (для ГТ322А), для сигнала частотой 12 МГц его емкостное сопротивление окажется равным примерно 5 кОм. Для входного сопротивления следующего каскада (около 0,4 кОм) получим максимальное ослабление сигнала, равное 12,5. С учетом 2,5-кратного усиления при малом уровне сигнала получим максимальный диапазон изменения усиления около 31 (примерно 30 дБ). В случае применения транзисторов П422, ГТ308, КТ315 с проходной емкостью 7 пФ получаемый результат будет примерно в 3 раза хуже (20 дБ).

В радиотракте по схеме на рис. 6 апериодического УВЧ нет. Первым каскадом является преобразователь частоты, выполненный на двух транзисторах, первый из которых T_1 включен по схеме ОК, а второй T_2 — по схеме ОБ. Этот каскад охвачен АРУ так, что с увеличением напряжения принятого сигнала транзистор T_1 открывается, создает дополнительное напряжение на резисторе в цепи эмиттера и закрывает транзистор T_2. Режим выбран так, что транзистор T_1 не может изменить ток коллектора более чем в 2 раза (на значение тока T_2) и, следовательно, не может перейти в область насыщения. Кроме того, его работа как смесителя преобразовательного каскада более линейна, чем каскада с транзистором, включенным по схеме ОЭ или ОБ, за счет ООС в цепи эмиттера и, как уже упоминалось, заметные искажения модулированного сигнала не наступают до уровня 40—50 мВ. Ко входу транзистора T_2, включен-

ного по схеме ОБ, подводится половина входного напряжения, так как коэффициент передачи каскада, транзистор которого включен по схеме ОК, при согласовании по мощности равен 0,5 Следовательно, транзистор T_2 также не может быть перегружен сильным сигналом. При полностью закрытом транзисторе T_2 также возможно прохождение сигнала с его входа на выход через проходную емкость. Оценим такую возможность.

Очевидно, что через проходную емкость может пройти только сигнал промежуточной частоты, так как в коллекторную цепь транзистора включен фильтр, настроенный на эту частоту (465 кГц). Сопротивление проходной емкости (для ГТ322А 2,5 пФ) на промежуточной частоте примерно равно 130 кОм. При резонансном сопротивлении фильтра промежуточной частоты 50 кОм ослабление сигнала составит примерно 3,5, а максимальное усиление в режиме преобразования частоты может достигать 1000 и даже 1500, таким образом, диапазон изменения усиления в этом случае достигает 3500—5000 (70—74 дБ). Это обстоятельство позволяет и в случае применения транзисторов П423, ГТ308 и КТ315 получить достаточный диапазон изменения усиления (около 60 дБ) при охвате системой АРУ только одного каскада — преобразователя частоты. Реально глубина регулирования получается еще больше, так как в расчетах, результаты которых здесь приведены, учитывалась известная емкость база-коллектор, тогда как при включении транзистора по схеме ОБ действует проходная емкость эмиттер-коллектор, которая в несколько раз меньше.

Вторым каскадом радиотракта по схеме на рис. 5 является преобразователь частоты на транзисторе T_2 (ГТ322А), включенном по схеме ОЭ. В его коллекторную цепь включен первый контур (L_1C_6) фильтра сосредоточенной селекции (ФСС) с достаточно большим резонансным сопротивлением (около 25 кОм). За преобразователем частоты и ФСС следует регулируемый каскад УПЧ на транзисторе T_3. Коэффициент усиления преобразователя частоты с учетом согласования входного сопротивления УПЧ составляет 10 (20 дБ). Это может привести к недопустимо большому уровню сигнала на входе УПЧ при максимальном сигнале на входе приемника, что отражает диаграмма уровней (см. рис. 4), которая выполнена для худшего случая — работы радиотракта на частоте 12 МГц. Такой перегрузки может не произойти из-за уже упоминавшегося шунтирующего действия входного сопротивления транзистора УРЧ на входной контур. Как видно из той же диаграммы, перегрузка УПЧ радиотракта по схеме на рис. 6 невозможна, так как регулировка усиления осуществляется в первом каскаде, т. е. в преобразователе частоты. Иными словами, наличие усилительных каскадов до первого каскада, охваченного АРУ, уменьшает возможный динамический диапазон сигнала. Уменьшение динамического диапазона сигнала может также произойти из-за снижения эффективности АРУ в первом регулируемом каскаде вследствие влияния проходной емкости на высокочастотных диапазонах.

За регулируемым каскадом УПЧ следует нерегулируемый каскад на транзисторе T_4, обеспечивающий необходимое полное усиление радиотракта. Наличие согласующего достаточно широкополосного контура промежуточной частоты между каскадами УПЧ и сравнительно малый коэффициент включения базы транзистора T_3 первого каскада УПЧ приводят к подъемам и падениям диаграммы уровней (график *1* на рис. 4). Сам этот факт не имеет значения, но

если соединить на диаграмме точки, не учитывающие условия согласования, прямой линией, то нетрудно заметить, что необходимое усиление по напряжению не превышает 100 (40 дБ). Такое усиление можно получить от одного каскада УПЧ при условии, что его вход можно подключить ко всему выходному контуру ФСС. Это возможно при входном сопротивлении этого каскада более 100 кОм.

Для получения столь большого входного сопротивления в УПЧ радиотракта по схеме на рис. 6 применен составной эмиттерный повторитель T_5T_6. В этом случае отпадает необходимость в согласующих контурах, а нагрузку УПЧ можно выполнить в виде резистора. Широкополосность УПЧ в данном случае не играет роли, так как при усилении порядка 100 уровень собственных шумов УПЧ лежит значительно ниже уровня усиливаемого сигнала; шумы не уменьшают реальную чувствительность приемника. Отсутствие регулировки усиления УПЧ и наличие глубокой регулировки в преобразователе частоты обеспечивают работу транзисторов УПЧ в линейном режиме с малым уровнем нелинейных искажений. При максимальном уровне сигнала на входе радиотракта уровень сигнала на входе УПЧ не превышает 2 мВ, как это видно из диаграммы уровней (график *2* на рис. 4). Дальнейшей мерой по уменьшению нелинейных искажений в радиотракте является применение детектора на транзисторе T_8, включенном по схеме ОК. Благодаря наличию глубокой ООС по огибающей модулированных колебаний коэффициент гармоник в таком детекторе значительно меньше, чем в диодном. Кроме того, он обеспечивает достаточную мощность на выходе для работы системы АРУ.

В радиотракте по схеме на рис. 5 работает обычный диодный детектор $Д_2$. В АРУ применен отдельный детектор.

Остановимся на работе систем АРУ обоих радиотрактов. Поддержание постоянной громкости при значительном изменении уровней сигнала на входе радиотракта зависит не только от диапазона регулирования усиления в соответствующих каскадах радиотракта, но и от степени управления изменением усиления. Например, для того чтобы полностью закрыть транзистор, работающий при токе коллектора 1 мА, в цепь эмиттера которого включен резистор сопротивлением 1 кОм (для температурной стабилизации режима транзистора), необходимо изменить напряжение на его базе от 1,2 В до 0. Естественно, что для этого понадобится либо получение такого уровня постоянного тока после фильтра АРУ от детектора, либо включение в состав системы АРУ усилителя постоянного тока. В радиотракте по схеме на рис. 5 для увеличения эффективности АРУ применен отдельный детектор $Д_1$, подключенный так, что его выходное напряжение приложено не к участку база транзистора T_3 УПЧ — общий провод, а между базой этого транзистора и его эмиттером. В этом случае для уменьшения тока коллектора практически до нуля необходимо выходное напряжение детектора не более 50—100 мВ. В радиотракте по схеме на рис. 6 работа АРУ еще более эффективна за счет применения в системе АРУ усилителя постоянного тока, роль которого играют транзисторы УПЧ.

Для пояснения сказанного обратимся к рис. 7, иллюстрирующему связи по постоянному току транзисторов радиотракта, схема которого приведена на рис. 6. Приведенные значения напряжений на электродах транзисторов соответствуют отсутствию сигнала на входе радиотракта. По постоянному току транзисторы T_1 и T_2 смесителя преобразовательного каскада включены дифференциально. На-

пряжения смещения на их базы подаются с коллектора транзистора T_7 УПЧ: на базу транзистора T_1 — через эмиттерный повторитель T_8 (работающий в детекторном каскаде) и резистор R_{11} фильтра АРУ; на базу транзистора T_2 — через делитель R_6, R_7 и резистор R_5 фильтра ВЧ. При равенстве этих напряжений токи через оба транзистора равны и каскад обладает наибольшим возможным для выбранного режима усилением. При появлении на базе транзистора T_1 напряжения с выхода детектора T_8, приводящего к увеличению его тока, напряжение на эмиттере также начинает возрастать, что приводит, во-первых, к уменьшению тока транзистора T_2 и, во-вторых, к увеличению тока через транзистор T_7 по цепи резистор R_4,

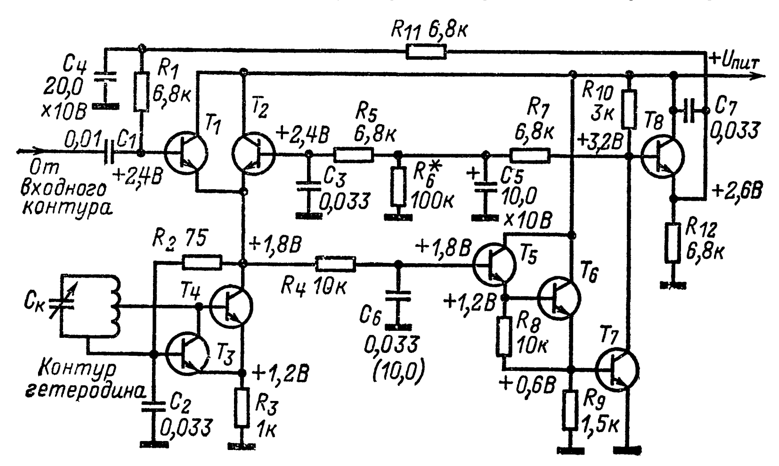


Рис. 7. Схема стабилизации режимов транзисторов по постоянному току.

транзисторы T_5, T_6. Так как общее усиление транзисторов T_5—T_7 (при выбранном сопротивлении нагрузочного резистора R_{10}) составляет примерно 100, напряжение на коллекторе транзистора T_7 падает в большей степени, чем растет напряжение на базе транзистора T_1. Это приводит к пропорциональному уменьшению напряжения на базе транзистора T_2, из-за чего еще больше уменьшается ток через этот транзистор. В результате почти полное перераспределение токов коллекторов транзисторов преобразовательного каскада происходит при изменении напряжения на выходе детектора на 20—40 мВ. При этом напряжение на эмиттерах этих транзисторов изменяется меньше чем на 1—2 мВ. Такое постоянство напряжения позволяет использовать его для питания гетеродина преобразовательного каскада без применения для этой цели специального стабилизатора.

Изменение напряжения звуковой частоты на выходе детектора при изменении сигнала на входе также невелико. Оно довольно сильно изменяется на участке входных напряжений 1—5 мкВ и затем незначительно возрастает до входных уровней 4—15 мВ (в зависимости от проходной емкости примененных транзисторов). Это хорошо иллюстрирует рис. 8, на котором изображены зависимости выходных

напряжений сигнала U_{c1} и U_{c2} и шума на выходе детектора от уровня входного сигнала на базе транзистора T_1. Крутой подъем кривых после уровней 4 и 15 мВ является следствием прямого прохождения сигнала через емкость эмиттерного перехода транзистора T_2. Однако вплоть до уровня входного напряжения 50 мВ существенных искажений сигнала не наблюдается.

Стабилизация режимов работы транзисторов. Схема стабилизации режимов транзисторов, приведенная на рис. 7, позволяет разобраться также и в работе системы стабилизации режимов транзисторов радиотракта при изменении напряжения питания, температуры окружающей среды и параметров транзисторов. Транзисторы T_2, T_5

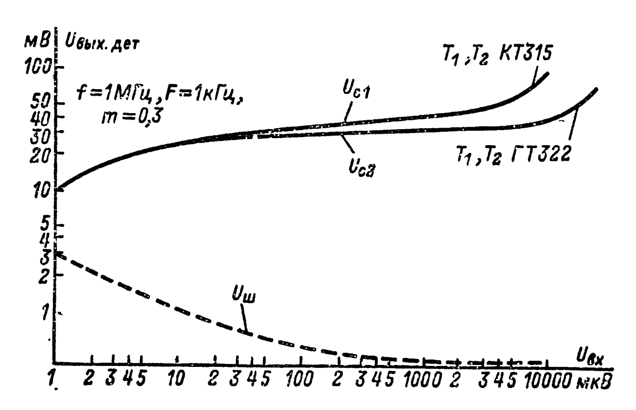


Рис. 8. Характеристика АРУ.

и T_6 можно рассматривать как составной эмиттерный повторитель, включенный перед транзистором T_7. Через этот эмиттерный повторитель с коллектора транзистора T_7 на его базу включена цепь ООС, состоящая из делителя R_6, R_7 и фильтрующего резистора R_5. Вторую цепь ООС образуют эмиттерный повторитель T_8 (детекторный каскад), фильтр АРУ и эмиттерный повторитель T_1. Соответствующим подбором сопротивления резистора R_6 (делитель R_7R_6) уравнивают напряжения на базах транзисторов T_1 и T_2 так, чтобы в коллекторных цепях этих транзисторов были одинаковые токи. Так как транзисторы T_1 и T_2 одного типа или, по крайней мере, выполнены из одного материала (кремниевые или германиевые), температурные изменения у них практически одинаковые и соотношения между их токами коллекторов не изменяются при изменении окружающей температуры. Кроме того, даже при значительном неравенстве токов (0,5 и 1 мА) коэффициент передачи смесителя преобразовательного каскада практически не изменяется, что гарантирует дополнительную температурную стабильность и позволяет не очень тщательно подбирать сопротивление резистора R_6 при налаживании.

Ток коллектора транзистора T_7, установленный резистором R_6, несколько изменяется при изменении температуры, поддерживая необходимые напряжения смещения на базах транзисторов T_2, T_5, T_6 и T_7, так как транзисторы включены между собой последовательно. При изменении напряжения источника питания установившийся ре-

жим также поддерживается за счет изменения этого тока. Токи всех остальных транзисторов радиотракта практически не изменяются. Это в определенной мере стабилизирует усиление радиотракта при изменении напряжения питания. При замене транзисторов в радиотракте режим каждого из них устанавливается автоматически. Например, если характеристики имеющихся транзисторов таковы, что для получения выбранных токов эмиттеров напряжение смещения на базе транзистора T_1 должно быть 0,62 В, на базе T_5 — 0,6 В, на базе T_6 — 0,58 В, на базе T_7 — 0,65 В и на базе T_8 — 0,55 В, то суммарное напряжение смещений составит 3 В. С учетом падения напряжения на резисторе фильтра АРУ за счет тока базы транзистора T_1, например 0,2 В, на коллекторе транзистора T_7 установится напряжение 3,2 В. При замене одного транзистора, например T_6, другим, которому для получения того же тока эмиттера необходимо напряжение смещения 0,6 В, режим автоматически установится так, что напряжение на коллекторе транзистора T_7 станет равным 3,22 В. Изменение тока базы транзистора T_1 (или T_2) при его замене может привести к некоторому разбалансу токов коллекторов смесительных транзисторов преобразователя частоты. Но, во-первых, этот разбаланс тем менее заметен, чем больше коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ транзисторов, применяемых в радиотракте, а, во-вторых, как уже упоминалось ранее, двукратный разбаланс не приводит к значительному снижению усиления. Отсюда следует вывод: из числа транзисторов, предназначенных для радиотракта, следует отобрать два с наибольшим коэффициентом $h_{21Э}$ для работы в смесителе преобразовательного каскада. В общем же разброс коэффициентов передачи тока транзисторов почти не сказывается на режимах их работы в радиотракте и автоматически корректируется при замене транзисторов.

Описывая достоинства такого построения радиотракта, нельзя не сказать и о его недостатках. Первый из них — это непосредственная (гальваническая) связь всех транзисторов, приводящая к усилению и детектированию низкочастотных шумов (фликкер-шума). Мера борьбы с этим явлением — включение в развязывающий фильтр электролитического конденсатора (C_4) достаточной емкости в цепь базы транзистора T_5. Другим недостатком является необходимость питания радиотракта от источника с достаточно большим напряжением (6—9 В). Это обстоятельство объясняется тем, что в случае применения кремниевых транзисторов сумма необходимых напряжений смещения составит 3,2 В. Для нормальной работоспособности приемника при снижении напряжения батареи питания в 2 раза, т. е. до 4,5 В, следует, что падение напряжения на резисторе R_{10} в коллекторной цепи транзистора T_7 (рис. 7) должно составить всего 4,5—3,2=1,3 В. При источнике питания 6 В половина его напряжения окажется меньше суммы необходимых напряжений смещения, что не позволяет полностью использовать электроемкость батареи.

В случае применения германиевых транзисторов для обеспечения необходимого напряжения питания транзисторов гетеродина в эмиттерную цепь транзистора T_7 необходимо включать стабистор с напряжением стабилизации 0,6—0,7 В. В этом случае сумма необходимых напряжений смещения составляет 1,8—2 В, что позволяет снизить напряжение питания до 6 В.

При необходимости питания радиотракта от источника напря-

жением 4,5 В следует применять другие споособы стабилизации режимов работы его транзисторов.

Еще один недостаток описываемых радиотрактов — большее, чем обычно, число транзисторов, используемых в нем. Этот недостаток окупается уже перечисленными здесь достоинствами, кроме того, упрощается изготовление катушек *LC*-фильтра сосредоточенной селекции.

Особенности частотно-преобразовательных каскадов. В гетеродине преобразовательного каскада работают два транзистора, что сделано для упрощения коммутации контуров и налаживания. Собственно гетеродин выполнен на транзисторе T_3 (рис. 7), включенном по схеме ОБ, а транзистор T_4 служит для создания цепи положительной обратной связи (ПОС). В коллекторную цепь транзистора T_3 включена часть колебательного контура, а в эмиттерную — резистор R_3. Для превращения такого каскада в автогенератор необходимо в нужной фазе подать напряжение из коллекторной цепи (с выхода транзистора) в цепь эмиттера (на его вход). Так как фазы напряжений на входе и выходе транзистора, включенного по схеме ОБ, одинаковы, то для создания ПОС может быть применен делитель напряжения (например, емкостный). Однако частотная зависимость такого делителя не смогла бы обеспечить постоянство обратной связи во всем диапазоне частот. Поэтому в данном случае для этой цели применен широкополосный усилитель на транзисторе T_4, включенном по схеме с ОК. Его коэффициент передачи практически не изменяется от сотен килогерц до десятков мегагерц, обеспечивая частотную независимость коэффициента обратной связи. Этим достигается одно из условий самовозбуждения автогенератора — баланс фаз.

При перестройке контура гетеродина в каком-либо поддиапазоне его резонансное сопротивление, естественно, изменяется. Изменение добротности контурных катушек из-за неидентичности их изготовления, влияния влажности и других факторов также приводит к изменению резонансного сопротивления контура. А для выполнения другого условия самовозбуждения — баланса амплитуд и особенно условия стационарности — необходимо, чтобы в коллекторную цепь транзистора T_3 была включена определенная часть резонансного сопротивления контура. Для устранения влияния изменяющегося резонансного сопротивления контура на режим гетеродина по переменному току используется подключение к контуру автогенератора диодов, шунтирующих контур при превышении определенного напряжения. Роль таких диодов играют коллекторные переходы обоих транзисторов. При положительном напряжении на части контура, подключенной к точке соединения коллектора транзистора T_3 с базой транзистора T_4, проводит коллекторный переход транзистора T_4, а при отрицательном — коллекторный переход транзистора T_3. Это обстоятельство позволяет стабилизировать амплитуду колебаний гетеродина в широком диапазоне частот и делать отвод от контурной катушки по принципу «не менее», т. е. от заведомо большей части, чем необходимо по условию баланса амплитуд величины. Ориентировочное значение приведенного к точке подключения резонансного сопротивления на нижней частоте каждого диапазона приемника — около 1,5 кОм.

Согласующий отвод от контурной катушки может быть заменен катушкой связи, но при этом взаимоиндукция между катушками должна быть максимальной. В противном случае возможно воз-

никновение самовозбуждения на частоте контура, состоящего из индуктивности катушки связи, емкостей монтажа и *p-n* переходов транзисторов. Например, использование блока контуров от приемников ВЭФ (барабанного переключателя с контурными катушками, имеющегося в продаже) без переделки невозможно, так как в этом блоке катушки связи с контурными катушками диапазонов КВ намотаны на некотором расстоянии друг от друга, что не обеспечивает необходимой величины связи между ними. При применении таких блоков контуров необходимо перемотать катушки связи таким образом, чтобы обеспечить максимальную взаимоиндукцию с контурными катушками. Лучше всего их наматывать поверх контурных катушек со стороны выводов, подключаемых к общему проводу.

Транзисторы гетеродина должны быть с достаточно высокой граничной частотой — не менее 60 МГц. При применении современных ВЧ и СВЧ транзисторов для предотвращения возможного самовозбуждения на СВЧ в базовую цепь транзистора T_4 целесообразно включать резистор сопротивлением 200—430 Ом. Аналогичное воздействие может оказывать резистор, включенный в коллекторную цепь транзистора T_3, однако его сопротивление не должно превышать 40—50 Ом.

Питание такого гетеродина может осуществляться от любого, но обязательно стабилизированного источника напряжением от 1 до 9 В. При выборе напряжения питания следует учитывать, что напряжение между коллекторами и эмиттерами транзисторов составляет для кремниевых транзисторов 0,6—0,7 В, для германиевых 0,2—0,25 В. Остальная часть напряжения источника питания прикладывается к резистору в цепи эмиттера. Его величину следует выбирать так, чтобы ток через транзисторы гетеродина составлял 0,8—1,5 мА.

Высокая стабильность напряжения на эмиттерах транзисторов смесителя, поддерживаемая схемой стабилизации режима, позволяет, например, питать гетеродин через транзисторы смесителя преобразователя частоты. Это, во-первых, экономит электроэнергию при питании приемника от батареи гальванических элементов, когда каждый миллиампер тока покоя на учете, во-вторых, экономит детали, необходимые для стабилизатора напряжения. По сравнению с приемником «Спидола-230» экономятся два транзистора и один стабистор (селеновый стабилизатор напряжения 7ГЕ2А-С), точнее, не экономятся, ибо общее число транзисторов в радиотракте описываемых приемников больше, чем в «Спидоле-230», а более рационально используются, так как транзисторы работают одновременно в тракте усиления радиосигналов и в системе стабилизации напряжения.

Напряжение питания транзисторов гетеродина должно быть обязательно стабилизировано. Поскольку в качестве диодов-ограничителей амплитуды используются коллекторные переходы, транзисторы работают вблизи области насыщения, характерной увеличением емкостей *p-n* переходов транзисторов. Эти емкости, умноженные на квадрат коэффициента включения, пересчитываются в емкость, входящую в колебательный контур гетеродина. Поэтому изменение емкости переходов приводит к изменению частоты гетеродина. Причем эти изменения происходят в большей степени, чем у однотранзисторного гетеродина, поэтому требования к стабильности питающего напряжения здесь выше. В то же время некоторое изменение стабилизированного напряжения можно использовать для точной настройки в диапазоне КВ. Практически осуществить точную настройку в радиотракте по схеме на рис. 6 возможно изменением сопротивле-

ния резистора R_4 (см. рис. 7), заменив его последовательно соединенными постоянным (3—5 кОм) и переменным (10 кОм) резисторами.

Важным вопросом, определяющим характеристики радиотракта, является связь гетеродина со смесителем преобразователя частоты. От напряжения гетеродина зависит коэффициент усиления смесителя при преобразовании сигнала по основной частоте гетеродина и ее гармоникам. При этом следует отметить, что преобразование на гармониках колебаний гетеродина зависит не только от гармонической чистоты сигнала гетеродина. Даже при идеальном, моночастотном сигнале гетеродина, подведенном к смесителю, возможно преобразование на частотах, кратных основной. Коэффициент преобразования на каждом из номеров гармоник частоты гетеродина тем больше, чем больше амплитуда колебаний гетеродина. Существует оптимальный режим, при котором получается достаточный коэффициент преобразования по первой гармонике гетеродина, но еще малы коэффициенты преобразования по высшим гармоникам. Следует также отметить, что преобразование на гармониках гетеродина в прямом виде не опасно, так как входной контур достаточно хорошо фильтрует частоты, которые могут быть преобразованы на этих гармониках в колебания промежуточной частоты. Плохо то, что режим преобразователя, благоприятный для преобразования, например, по второй гармонике гетеродина, одновременно благоприятен для преобразования вида $2f_п+2f_г=f_{п.ч}$. В этом случае вторая гармоника сигнала помехи $f_п$ со второй гармоникой гетеродина $f_г$ может быть преобразована в промежуточную частоту и довольно близка к частоте настройки входного контура и, следовательно, ослабляется им в значительно меньшей степени. Во избежание снижения селективности приемника за счет побочных каналов приема необходимо обеспечить оптимальный режим его преобразователя частоты.

Очевидно, что изменение амплитуды гетеродина по диапазону не может обеспечить постоянство выбранного оптимального режима. Наоборот, стабильность амплитуды напряжения гетеродина позволяет сохранить установленный режим преобразователя. Следует отметить, что в приемниках с растянутыми КВ диапазонами, где перекрытие по частоте мало́, легче обеспечить и постоянство режима преобразователя частоты, как это имеет место в «Спидоле-230». В этом приемнике связь смесителя с гетеродином осуществляется с помощью индивидуальных катушек связи для каждого из поддиапазонов, которые с помощью переключателя включаются в эмиттерную цепь смесительного транзистора преобразователя частоты. Это позволяет путем подбора связи выбрать оптимальный режим смесителя, правда, ценой усложнения коммутации, введением дополнительных катушек связи с контурами гетеродина и регулировки этой связи (хотя бы и в процессе разработки приемника).

Сопротивление (активное или реактивное) катушки связи в цепи эмиттера смесителя (выходное сопротивление гетеродина) несколько снижает коэффициент усиления при преобразовании за счет ООС, напряжение которой возникает на этом сопротивлении. Обычно снижение усиления невелико, а наличие ООС линеаризирует работу преобразователя частоты, тем не менее об этом следует помнить при выборе связи смесителя с гетеродином.

Смеситель по схеме на рис. 6 выполнен на двух транзисторах T_1 и T_2, включенных по схеме ОК и ОБ соответственно. В этом случае подведение напряжения гетеродина в цепь эмиттеров транзисторов

имеет свои особенности: выходное сопротивление гетеродина не должно шунтировать выходное сопротивление транзистора T_1 и входное — транзистора T_2; уменьшение выходного сопротивления гетеродина приводит к уменьшению усиления смесителя. Поэтому появляется возможность связать смеситель с высокоомным выходом гетеродина непосредственно, например, включив параллельно соединенные эмиттеры транзисторов смесителя в коллекторную цепь одного или обоих транзисторов гетеродина. В этом случае оба транзистора смесителя по отношению к напряжению гетеродина будут включены по схеме ОБ. Так как коллектор первого транзистора гетеродина T_3 соединен с контуром непосредственно, то подключение к нему эмиттеров транзисторов смесителя, имеющего входное сопротивление 25—30 Ом, нарушит работу гетеродина. Поэтому (см. рис. 7) связь смесителя с гетеродином осуществляется включением эмиттеров транзисторов смесителя по переменному току только в цепь коллектора транзистора T_4 гетеродина. Питание на коллектор транзистора T_3 подается через фильтр R_2C_2 и секцию контурной катушки, выполняющей роль обмотки связи с контуром гетеродина. При таком способе связи отпадает надобность в дополнительных катушках для связи смесителя с гетеродином, не нагружается контур гетеродина, что повышает стабильность частоты генерируемых им колебаний. Ослабляется связь между входным контуром и контуром гетеродина. Выходное сопротивление гетеродина не влияет на коэффициент передачи смесителя. Правда, в смесителе с регулируемым коэффициентом усиления включение в цепи эмиттеров транзисторов большого сопротивления нежелательно из-за возможности самовозбуждения транзистора, включенного для входного контура по схеме ОК. Когда АРУ закрывает транзистор T_2 смесителя, включенный по схеме ОБ, и его входное сопротивление возрастает с 50—60 Ом до нескольких килоом, из-за наличия емкостей участков база — эмиттер транзистора T_1 и эмиттер — база T_2 возникает цепь ПОС транзистора T_1, подключенного к части входного контура. Эта связь при наличии в цепи эмиттера транзистора T_1 низкоомного входного сопротивления транзистора T_2, шунтирующего его входную емкость, практически отсутствует. Она проявляется, когда входное сопротивление транзистора T_2 возрастает при действии АРУ. Для предотвращения этой обратной связи сопротивление резистора фильтра R_2 должно быть достаточно малым — примерно 75—200 Ом. Этот резистор при работе АРУ будет сохранять входное сопротивление смесителя практически постоянным. Емкость конденсатора фильтра C_2 должна быть не менее 0,033 мкФ, чтобы ее сопротивление для токов самой низкой частоты гетеродина было меньше сопротивления резистора фильтра в 10 раз.

Таковы особенности радиотрактов описываемых приемников, предназначенных для приема амплитудно-модулированных сигналов радиостанций диапазонов ДВ, СВ и КВ.

Особенности приемников с диапазоном УКВ. Особо следует оговорить особенности работы радиотракта во время приема ЧМ сигналов УКВ диапазона. Так как приемник должен обеспечить и прием АМ радиостанций, то в его основу положен уже описанный здесь радиотракт. Тракт промежуточной частоты остается без изменений. Но так как на более высокой промежуточной частоте (6,8 МГц) усилительные свойства транзисторов снижаются и уменьшается резонансное сопротивление контуров, в том числе из-за меньшей добротности, детекторный каскад АМ сигналов превращен в дополни-

тельный УПЧ ЧМ, компенсирующий уменьшение усиления (рис. 9). Для этого в коллекторную цепь транзистора T_8 включен полосовой фильтр, настроенный на частоту 6,8 МГц, играющий роль фазосдвигающего трансформатора для частотного детектора. Блокировочный конденсатор C_9 АМ детектора подключен к коллектору этого транзистора через первичный контур L_3C_{10} полосового фильтра, сопротивление которого на частоте 465 кГц невелико. Вторичный контур L_5C_{11} фильтра связан с первичным контуром через катушку связи L_4 и конденсатор C_{12}. Катушка L_4 намотана на одном сердечнике с катушкой L_3, поэтому напряжения на обеих катушках совпадают по фазе. Напряжение на катушке L_5 вторичного контура

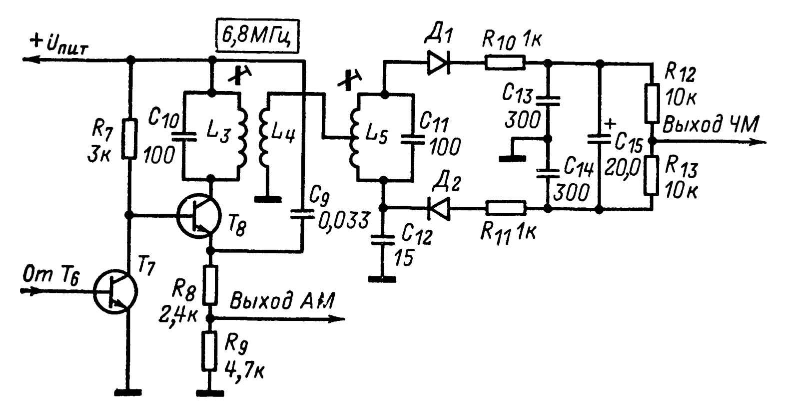


Рис. 9. Схема ЧМ детектора.

на резонансной частоте сдвинуто по фазе на 90°. Конденсатор связи C_{12} подключен к половине контурной катушки L_5. Геометрические суммы напряжений на катушке связи с первичным контуром и на каждой половине катушки вторичного контура при резонансе равны, поэтому равны и напряжения, выпрямленные диодными детекторами, которые складываются в общей нагрузке. Так как диоды включены встречно, то сумма напряжений на выходе детекторов равна нулю. При изменении промежуточной частоты в обе стороны от резонансного значения изменяются фазовые соотношения и геометрические суммы напряжений, разность их продетектированных значений становится отличной от нуля и зависит по величине и знаку от степени и направления расстройки. Таким образом, изменение промежуточной частоты при ЧМ превращается в изменение напряжения на выходе детектора. Для подавления «паразитной» АМ, которая может возникать в передатчике или под воздействием условий распространения сигналов и помех, диоды в детектор включены так, что сумма выпрямленных ими напряжений подводится к конденсатору большой емкости C_{15}, сглаживающему огибающую амплитудной модуляции. С изменением частоты принятого сигнала в такт с частотой модуляции УКВ ЧМ передатчика при неизменном напряжении на конденсаторе C_{15} изменяется отношение напряжений на резисторах R_{12}, R_{13} и конденсаторах C_{13}, C_{14}. Поэтому такой детектор часто называют детектором отношений. Резисторы R_{10} и R_{11}, включенные

последовательно с диодами, служат для стабилизации выходного напряжения при изменении в значительных пределах напряжения на входе детектора и симметрирования детектора, благодаря чему улучшается подавление паразитной амплитудной модуляции. Переключение конденсатора связи C_{12} с одного крайнего вывода катушки L_5 на другой меняет знак выходного напряжения при одной и той же расстройке частоты входного сигнала относительно резонансной частоты контуров детектора. Это обстоятельство используется для получения автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ) приемника в нужной фазе, т. е. так, чтобы осуществлялось уменьшение возможной расстройки, а не «выталкивание» из зоны правильной настройки.

Вторым отличием совмещенного тракта ПЧ АМ/ЧМ является изменение его режима по постоянному току при переходе на диапазон УКВ с целью некоторого увеличения тока через транзистор T_8, игравшего до того роль детектора АМ. В режиме ЧМ смеситель и гетеродин преобразователя частоты тракта АМ выключаются, а включается блок УКВ, состоящий из усилителя радиочастоты и преобразователя с совмещенным гетеродином. При таком способе переключения режимов АМ/ЧМ исключаются коммутации высокочастотных цепей. Коммутируются только антенна, выход детекторов и цепи питания. Это позволяет располагать переключатель достаточно далеко от монтажной платы, не боясь каких-либо взаимных наводок в высокочастотных цепях.

Так же как и в тракте АМ, на входе УПЧ включается ФСС, катушки которого не имеют согласующих отводов. Кстати, из-за сравнительно широкой необходимой в тракте ЧМ полосы пропускания УПЧ катушки фильтра могут иметь сравнительно невысокую добротность. Это позволяет выполнять катушки ФСС в броневых сердечниках из феррита марки 600НН или 400НН, на которых добротность контуров на частоте 6,8 МГц может быть около 30 (50). Такие сердечники есть в широкой продаже в виде контурных катушек фильтров промежуточной частоты различных промышленных приемников. Их конкретные данные приведены в описании конструкции приемника.

Блок УКВ в принципе может быть любого типа. В описываемом приемнике применен блок УКВ с электронной настройкой на варикапах. Для упрощения блока питания стабилизированное напряжение, необходимое для управления емкостью варикапов, выбрано сравнительно низким — 13 В. Чтобы не заходить в область очень низких напряжений на варикапах, необходимо свести к минимуму различные дополнительные емкости в перестраиваемых контурах. Это привело к отказу от подстроечных конденсаторов. Сопряжение контуров осуществляется также напряжением, регулируемым подстроечным резистором. При укладке диапазона УКВ необходимо стремиться, чтобы верхняя его граница соответствовала с минимальным запасом напряжению 13 В. Благодаря этим мерам удается не уменьшать напряжение более чем до 4—5 В, что обеспечивает хорошее отношение между постоянным и переменным напряжениями на варикапах. Это обстоятельство очень важно потому, что емкость варикапа нелинейно зависит от напряжения и при большом уровне напряжения помех на контурах тракта радиочастоты блока УКВ возможно появление перекрестной модуляции, продукты которой попадают в тракт ПЧ. По этим же соображениям амплитуда напряжения гетеродина на контуре должна быть минимально необходимой

для эффективной работы смесителя преобразователя частоты. Такая амплитуда напряжения гетеродина достигается снижением напряжения питания блока УКВ (до 3—4 В) и подбором элементов цепи обратной связи гетеродина. Для предотвращения излучения гетеродина блок УКВ желательно экранировать. По этой причине блок УКВ хотя и размещен на общей монтажной плате приемника, но территориально обособлен и имеет блокировочные конденсаторы у всех проводников, подводящих к нему постоянные напряжения.

Таковы основные особенности радиотракта УКВ ЧМ. Следует только добавить, что в случае применения варикапов с большей добротностью, чем у варикапов Д901А (например, КВ102Г), возрастет резонансное сопротивление контуров в коллекторной цепи транзистора усилителя радиочастоты блока УКВ, что может привести к его самовозбуждению. В этом случае целесообразно в коллекторную цепь транзистора подключить часть витков контурной катушки ($p = 0{,}7 \div 0{,}5$).

Антенна УКВ диапазона приемника должна быть штыревой и обязательно иметь возможность изменения своего положения в пространстве, так как при работе на комнатную антенну в черте большого города имеются провалы в напряженности поля из-за наложения полей с различной плоскостью поляризации. Такие провалы приводят к снижению громкости и искажению принимаемых сигналов. В этом случае достаточно повернуть антенну на некоторый угол, чтобы приемник стал работать нормально.

При электронной настройке блока УКВ из-за температурных уходов частоты гетеродина, изменения со временем параметров его контура, недостаточной стабильности напряжения, подаваемого на варикапы, изменения переходного контакта между подковой и токосъемом в резисторах настройки не всегда без принятия специальных мер удается добиться уверенной работы приемника. Этот недостаток можно устранить за счет введения устройства, обычно называемого генератором поиска. Его назначение — изменять в некоторых пределах напряжение на варикапах так, чтобы гетеродин, медленно перестраиваясь по частоте, обязательно прошел через точку точной настройки на принимаемую радиостанцию. В этом случае сработает система АПЧГ, которая гарантированно настроит приемник на частоту желаемой радиостанции. В простейшем случае функцию генератора поиска может выполнять *RC*-цепь с постоянной времени, равной нескольким миллисекундам, включенная так, чтобы при каждом переключении кнопок настройки конденсатор заряжался до напряжения большего, чем необходимо для точной настройки, а движок резистора настройки на радиостанции был в таком положении, чтобы с него снималось напряжение, несколько меньшее необходимого. Величина расстройки определяется практическим путем при установке настроек на радиостанции по уверенному захвату системы АПЧ и минимуму искажений при приеме. На резистор *RC*-цепи подается максимальное напряжение, используемое для перестройки варикапов.

Применение полевых транзисторов. Многих радиолюбителей интересует вопрос применения полевых транзисторов.

Радиотракты описываемых приемников разрабатывались применительно к биполярным транзисторам, как более доступным радиолюбителям и более электрически прочным, чем полевые. Как известно, разряд статического электричества с тела человека способен пробить изоляцию затвора полевого транзистора с изолированным за-

твором (МОП-транзистора) и, следовательно, преждевременно вывести его из строя. Это обстоятельство требует особого внимания при установке полевых транзисторов на монтажную плату, заземления корпуса паяльника, пинцета (даже тела монтажника) и т. д. По этой причине внедрять полевые транзисторы в приемники, рассчитанные на массовое повторение радиолюбителями средней квалификации, по мнению автора, нецелесообразно, тем более что достоинства полевых транзисторов наиболее ярко проявляются при использовании их в качестве частотно-преобразующих элементов в приемниках, предназначенных для работы со значительными уровнями сигналов на входе, например в радиоспортивной аппаратуре любителей-коротковолновиков, работающих с высокоэффективными внешними антеннами. В этих случаях проявляется бо́льшая нелинейная селективность приемников с полевыми транзисторами, конечно, если эти транзисторы используются в оптимальных режимах, что не может быть получено простой заменой биполярного транзистора полевым.

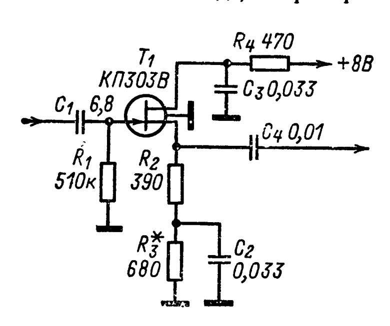


Рис. 10. Схема истокового повторителя на полевом транзисторе.

Тем не менее полевые транзисторы можно применить и в описываемых приемниках для повышения их чувствительности. Для этой цели полевой транзистор целесообразно включить во входной каскад приемника, согласующий высокоомную входную цепь с низкоомным входным сопротивлением преобразователя частоты на биполярном транзисторе. Во избежание перегрузки преобразователя частоты такой каскад должен иметь коэффициент передачи напряжения меньше единицы.

Принципиальная схема такого каскада показана на рис. 10. Полевой транзистор T_1 включен по схеме истокового повторителя с нагрузочным регистром R_2 сравнительно малого сопротивления (390 Ом), что уменьшает коэффициент передачи каскада до 0,5—0,4, обеспечивает согласование по шумам входного сопротивления преобразователя частоты, снижает его шумы. Так как вход истокового повторителя теперь может быть подключен ко всему входному контуру и, следовательно, уровень сигнала на его выходе может оказаться слишком большим для неискаженной работы преобразователя частоты, на входе истокового повторителя включен делитель напряжения, состоящий из разделительного конденсатора C_1 (малой емкости) и входной емкости полевого транзистора. С учетом делителя напряжения суммарный коэффициент передачи напряжения со входного контура на базу смесительного транзистора преобразователя частоты составляет примерно 0,2.

С учетом того, что ранее коэффициент передачи напряжения (коэффициент трансформации между катушками контура и связи), например в диапазоне СВ, составлял 0,08—0,1, напряжение на базе смесительного транзистора повысится примерно в 2 раза, что допустимо с точки зрения перегрузки его сильным сигналом. Меньший, чем у биполярного транзистора, коэффициент шума полевого транзи-

стора приведет к дополнительному повышению чувствительности приемника. Общий же выигрыш может повыситься в 2,5—3 раза без существенного ухудшения нелинейной селективности.

Применение полевого транзистора на входе миниатюрных приемников с низковольтным питанием не рассматривается.

Для предотвращения выхода из строя полевого транзистора из-за возможного появления вблизи приемника источников сильных электрических полей желательно применять транисторы с *p-n* переходом, а не с изолированным затвором, например КП303.

В зависимости от полярности напряжения питания возможно применение полевых транзисторов как с каналом *n*-типа, так и с каналом *p*-типа. Режим транзистора по постоянному току необходимо выбирать вблизи термостабильной точки (для транзистора КП303В — около 1,2 В), что обеспечивается подбором резистора $R_з$.

Этих наиболее важных сведений, по мнению автора, достаточно, чтобы применять и другие полевые транзисторы, имеющиеся в распоряжении радиолюбителей.

У радиолюбителей при конструировании приемника может возникнуть вопрос: можно ли использовать в нем биполярные германиевые транзисторы устаревающих типов? Можно. В высокочастотных каскадах необходимо применять транзисторы с граничной частотой 60—120 МГц, например П402, П416, ГТ322 и им подобные. При этом никаких изменений в тракте радиочастоты, кроме введения одного кремниевого диода, делать не нужно. Естественно, что при использовании транзисторов структуры *p-n-p* необходимо изменить полярность включения источника питания и электролитических конденсаторов. Кремниевый диод любого типа включают в цепь эмиттера последнего транзистора УПЧ в прямом направлении. Параллельно ему подключают конденсатор емкостью 0,033—0,1 мкФ. В УЗЧ такую же операцию необходимо проделать с транзистором, работающим на предоконечный каскад (в переносном приемнике «Ялта» — транзистор T_{11}). Этот транзистор должен быть другой структуры по отношению к транзистору предыдущего каскада, а в цепь его эмиттера необходимо включить кремниевый диод или резистор такого сопротивления, чтобы на нем при выбранном токе коллектора этого транзистора было падение напряжения 0,5—0,7 В. Резистор необходимо блокировать электрическим конденсатором емкостью 50—100 мкФ. Все остальные элементы и цепи приемника остаются без изменения.

В связи с тем что коэффициент шума транзисторов ГТ322 меньше, чем транзисторов КТ315, чувствительность приемника при замене кремниевых транзисторов германиевыми несколько улучшится.

Особенности построения усилителей звуковой частоты. К особенностям УЗЧ описываемых приемников относится прежде всего разделение тракта на две части, сопряженные между собой регулятором громкости. Такое построение УЗЧ обеспечивает сохранение достигнутого соотношения сигнал/шум при изменении громкости прослушиваемых передач. Кроме того, в этом случае возможно получение достаточного уровня сигнала для внешнего усилителя или магнитофона, не зависимого от положения регулятора громкости. Несмотря на меры, принятые в радиотракте (глубокая АРУ), уровень сигнала на входе предварительного усилителя может изменяться в довольно широких пределах (2—3 раза). Чтобы обеспечить неискаженное звуковоспроизведение, предварительный УЗЧ должен иметь достаточный запас по линейности. Это достигается введением ООС в

первый каскад УЗЧ. Частотная коррекция в этом каскаде не производится из-за того, чтобы избежать зависимости качества дальнейшего воспроизведения (например, при записи на магнитофон) от положения органов регулировки частотной коррекции (регулировки тембра).

Как известно, физиологические особенности слуха для восприятия плавности регулировки громкости требуют показательной зависимости сопротивления резистора регулятора громкости от угла поворота его оси. Такая зависимость возможна, когда регулятор громкости не нагружен входным сопротивлением последующих каскадов УЗЧ. В свою очередь регулятор громкости не должен в значительной мере нагружать выход предварительного УЗЧ. Эти требования приводят к необходимости получения достаточно высокого входного сопротивления в оконечном усилителе и введения в него цепей коррекции частотной характеристики.

Оконечный УЗЧ должен удовлетворять следующим основным требованиям: линейности амплитудной характеристики в широких пределах, стабильности характеристик в широком интервале температур и напряжений питания, экономичности. Эти требования весьма противоречивы и требуют определенных разъяснений. Наилучшей линейностью обладает двухтактный выходной каскад, работающий в режиме А, т. е. при значительно больших токах покоя коллекторов транзисторов, чем амплитуда тока, необходимая для заданной мощности. Такой каскад даже без ООС не вносит заметных искажений в усиливаемый сигнал, особенно при подборе характеристик его транзисторов. Экономичность такого каскада невысока. Большой же ток покоя приводит к постоянному нагреву транзисторов и, как следствие, к необходимости установки их на теплоотводы с большой площадью поверхности. При выходной мощности УЗЧ, равной 0,5—1 Вт, обеспечивающей естественность звучания в комнате среднего размера или вблизи приемника на открытом воздухе, питание приемника от батарей гальванических элементов становится нецелесообразным.

Построение выходного каскада УЗЧ по двухтактной схеме в режиме В резко повышает экономичность приемника, позволяет питать его от батарей, но приводит к значительной нелинейности амплитудной характеристики (особенно в начале ее) и, следовательно, к значительным нелинейным искажениям, неприятным на слух.

Компромиссное решение — сочетание режима АВ и ООС, обеспечивающих экономичность и высокое качество звуковоспроизведения. По этому принципу построены многие УЗЧ современных радиовещательных приемников, электрофонов и магнитофонов. Основная трудность при конструировании таких усилителей — сохранение выбранного режима АВ при изменении напряжения питания и температуры окружающей среды. Необходимость правильной установки рабочих точек транзисторов выходных каскадов в таких усилителях требует дополнительных регулировочных работ.

На рис. 11 показана типовая схема такого УЗЧ. Подстроечный резистор R_1 служит для установки симметрии выходного каскада по напряжению, а резистор R_9 — для установки рабочих точек транзисторов этого каскада. Температурная компенсация режима выходных транзисторов и стабилизация тока покоя при изменении напряжения питания осуществляются с помощью диодов $Д_1$ и $Д_2$.

Существуют различные варианты этого основного на сегодняшний день УЗЧ, но все они требуют тщательной регулировки для по-

лучения хороших результатов. Отметим две важные для практики особенности: обеспечение теплового контакта между одним из транзисторов выходного каскада и термокомпенсирующим элементом и необходимость качественного выполнения регулировочного резистора R_9, который следует включать именно так, как показано на рис. 11. Первая из этих особенностей понятна, потому что причиной разогрева выходных транзисторов может быть не только изменение (повышение) температуры окружающей среды, но и различная тепловая инерция транзисторов и термокомпенсирующих элементов, а также разогрев транзисторов вследствие работы усилителя в режиме максимальной мощности. Вторая особенность объясняется тем, что если

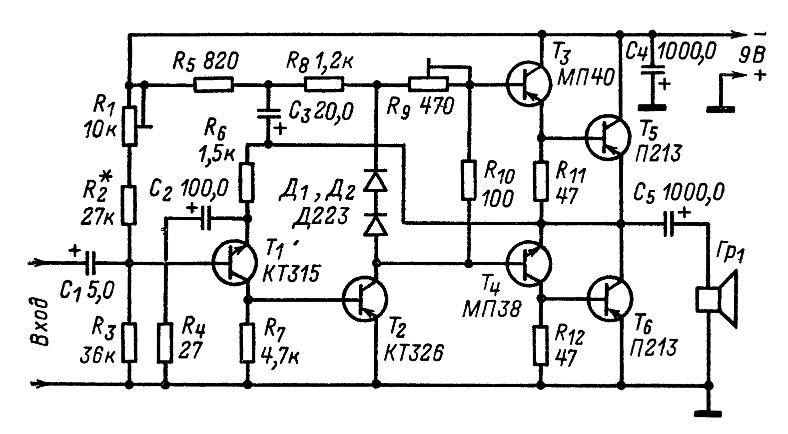


Рис. 11. Схема типового УЗЧ.

нарушится контакт между движком и подковкой в резисторе R_9, то ток через выходные транзисторы уменьшится, если же его включить, например, вместо резистора R_{10} (что иногда практикуется), то при потере контакта в резисторе выходные транзисторы усилителя могут выйти из строя из-за значительного увеличения тока и теплового пробоя.

Для устранения недостатков, характерных для усилителей, работающих в режиме АВ, в последние годы наметилась тенденция к применению оконечных каскадов, работающих в режиме В в совокупности с глубокой ООС, компенсирующей искажения, присущие этому режиму. Примерами могут служить УЗЧ приемников «Геолог», «Орион-302», «Урал-авто-2», «Меридиан-206» и даже «Ленинград-002». Для их УЗЧ разработаны предварительные усилители в интегральном исполнении: К2УС371, К2УС372, К2УС245. Однако у этих приемников сравнительно высокий уровень шума при малой громкости звуковоспроизведения. Если это как-то и оправдано в приемниках, предназначенных для работы в условиях значительных окружающих шумов («Геолог», «Урал-авто»), то это совершенно неприемлемо для приемников, работающих в основном в домашних условиях, тем более в приемниках высшего класса. Причем характер шума таких усилителей отличается от обычного монотонного теп-

лового, утомляющего слушателя в меньшей степени. Шум таких усилителей в основном вызван фликер-шумом транзисторов, имеет ярко выраженный низкочастотный характер, весьма неприятен на слух и напоминает шум в усилителе при наличии в нем медленно сгорающего резистора. При малой громкости наложение такого шума на полезный сигнал воспринимается как дополнительное искажение сигнала, проявляющееся в виде периодического «всхрипывания».

Недостатком подобных усилителей является также большая глубина ООС, приводящая к специфическим, так называемым динамическим интермодуляционным искажениям, воспринимаемым как периодические всхрипывания с металлическим оттенком звучания. Интересно отметить, что такие искажения тем более заметны, чем более широкой полосой воспроизведения и меньшими искажениями обладает акустическая система приемника и чем выше качество принимаемых сигналов.

Одна из мер борьбы с указанными искажениями — уменьшение коэффициента обратной связи, что одновременно приводит и к уменьшению уровня собственных шумов усилителя. Другими мерами уменьшения динамических искажений являются: применение в выходном каскаде оконечного усилителя транзисторов с высоким значением граничной частоты, ограничение частотного спектра на входе усилителя до минимально возможного, перенесение цепей частотной коррекции из предварительного усилителя в усилитель мощности и ограничение диапазона коррекции (в случае необходимости цепи постоянной коррекции оставляют в предварительном усилителе) и, наконец, переход в стационарных приемниках с питанием от сети к режиму А.

Расчленение УЗЧ на две части с регулировкой громкости между ними приводит к укорочению петли обратной связи и существенно уменьшает шумы при малой громкости и уровень динамических искажений. Это позволяет в описываемых переносных и малогабаритных приемниках применять выходной каскад, работающий в режиме В, что обеспечивает высокую экономичность и, как уже упоминалось, практическую независимость этого режима от колебаний напряжения источника питания и температуры окружающей среды.

Сетевой приемник радиокомплекса неоднократно переделывался, и окончательно в нем утвердился усилитель, работающий в режиме, близком к режиму А, как обеспечивающий высокое качество звуковоспроизведения.

Особо следует отметить необходимость предвыходного каскада. Дело в том, что выходная мощность 1—1,5 Вт может быть получена и без него за счет увеличения тока коллектора последнего транзистора предварительного усилителя. Однако с помощью усилителей напряжения, какими являются транзисторы с малым по сравнению с питающим входным током, можно добиться наименьших искажений формы напряжения усиливаемого сигнала. По этой же причине желательно в последнем каскаде предварительного усилителя использовать транзистор с достаточно большим статическим коэффициентом передачи тока ($h^{Э12} \geqslant 100$).

Перечисленные схемные и конструктивные особенности являются общими для всех приемников и поэтому выделены в самостоятельный параграф, чтобы не затруднять «чтения» схем каждого конкретного приемника. Кроме того, эти вопросы определяют подход к конструированию приемников и позволят, по мнению автора, проявить радиолюбителю бóльшую самостоятельность.

Особенности построения схем миниатюрных приемников. Кроме приемников, построенных по такой схеме, в последнем параграфе брошюры описаны два миниатюрных приемника, параметры которых хотя и не удовлетворяют требованиям II класса (в частности, выходная мощность), но остаются достаточно высокими и позволяют повысить качество приема и в приемниках IV класса. Основные принципы построения этих приемников сводятся к улучшению параметров АРУ, стабилизации режимов транзисторов, повышению стабильности работы в диапазоне КВ, снижению шумов в УЗЧ и повышению продолжительности работы от одного комплекта питания.

Улучшение работы АРУ в этих приемниках достигается введением регулирующего транзистора в преобразователь частоты, применением двухкаскадного УПТ с использованием транзисторов УПЧ. Стабилизация режимов транзисторов улучшена за счет применения кольцевой стабилизации режимов, подобной описанной ранее, с некоторой спецификой, характерной для низковольтного питания. Повышение стабильности работы на КВ достигнуто благодаря перечисленным улучшениям АРУ и стабилизации режимов, а также применению растянутых диапазонов, двойному преобразованию частоты и применению магнитных антенн в диапазоне КВ.

Снижение шумов в УЗЧ достигается теми же способами, что и в ранее описанных приемниках II класса, а о повышении продолжительности работы следует рассказать подробнее.

Основным недостатком малогабаритных приемников, выпускаемых промышленностью, можно считать питание их от батарей «Крона», имеющих сравнительно малую емкость и плохую сохраняемость. Главное назначение таких приемников — использование их в качестве источника информации. Редко кто предпочитает слушать хорошие музыкальные передачи с помощью приемника с низким качеством воспроизведения звука, характерным для малогабаритных приемников. Обычно такой приемник включают несколько раз в день на непродолжительное время. Батарея «Крона», как правило, плохо работает в таком режиме: саморазряжается, пачкает отсек питания приемника и выходит из строя после двух-трех недель эксплуатации.

Использование элементов 316, 332 или даже 343 в приемниках, рассчитанных на работу от источника питания напряжением 9 В, приводит к увеличению габаритов отсека батареи питания и, следовательно, габаритов самого приемника. В то же время параметры радиотракта, близкие к требованиям II класса, и параметры УЗЧ, близкие к требованиям IV класса ГОСТ, при соответствующем построении этих трактов могут быть получены при напряжении питания 4,5 В и даже 3 В.

Полученные параметры радиотрактов описываемых малогабаритных приемников позволяют использовать их схемные решения применительно не только к приемникам в миниатюрном исполнении. Кроме того, в этих приемниках увеличивается продолжительность работы от одного комплекта питания. Такой приемник, питаясь, например, от двух элементов 316 или 332, может нормально работать в течение месяца при эксплуатации его по 1—2 ч в сутки.

ПЕРЕНОСНЫЙ ПРИЕМНИК «ЯЛТА»

Любительский супергетеродин с условным названием «Ялта» рассчитан на прием программ радиовещательных станций, работаю-

щих в диапазонах ДВ (145—408 кГц), СВ (520—1620 кГц) и двух поддиапазонах КВ (КВI 5,0—7,5 МГц и КВII 9,3—12,5 МГц).

Реальная чувствительность приемника с базы первого транзистора составляет 5 мкВ при выходной мощности 50 мВт, что соответствует реальной чувствительности по полю: на ДВ 1,5, на СВ 0,8, на КВ 0,4 мВ/м. Селективность по соседнему каналу в диапазонах ДВ и СВ не менее 40 дБ. Ослабление зеркального канала (не менее): на ДВ 30, на СВ 26, на КВ 12 дБ. Действие АРУ: при изменении сигнала на входе на 60 дБ выходное напряжение сигнала изменяется не более чем на 6 дБ. Полоса воспроизводимых звуковых частот — от 125 до 4000 Гц.

Номинальная выходная мощность при коэффициенте гармоник не более 5% составляет 0,5 Вт, максимальная — 0,7 Вт. Номинальное напряжение на линейном выходе 200 мВ. Источником питания (9 В) служат две батареи 3336Л или шесть элементов 343. Потребляемый ток при отсутствии входного сигнала — не более 7,5 мА. Работоспособность приемника сохраняется при снижении напряжения питания до 4 В.

Длительность работы приемника при средней громкости от одного комплекта батарей — до 100 ч. Габариты приемника 285×160×80 мм, масса 1,6 кг.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 12. Принятый сигнал через катушку связи соответствующего диапазона, переключатель $B_{1а}$ и конденсатор C_{17} подводится к базе транзистора T_1, включенного по схеме ОК. С нагрузки R_4 этого транзистора сигнал подается в эмиттерную цепь второго смесительного транзистора T_2, включенного по схеме ОБ.

По постоянному току транзисторы T_1 и T_2 образуют дифференциальный усилитель: к базе транзистора T_2 подводится напряжение от стабилизатора напряжения, роль которого выполняет транзистор T_7, а к базе транзистора T_1 (через фильтр $R_{11}C_{24}$) — напряжение АРУ, снимаемое с выхода детекторного каскада T_8. В результате даже при сравнительно небольшом изменении напряжения АРУ благодаря перераспределению токов транзисторов T_1 и T_2 резко уменьшается усиление смесительного каскада.

Гетеродин преобразователя частоты собран на двух транзисторах T_3 и T_4. Он по существу представляет собой мультивибратор с эмиттерной связью, но благодаря соответствующему выбору параметров деталей он генерирует колебания, близкие по форме к синусоидальным (коэффициент гармоник не превышает 3%), частота которых определяется данными его колебательного контура. Когда амплитуда колебаний гетеродина на катушке связи с контуром достигает определенной величины, то в зависимости от знака напряжения на ней открываются коллекторные *p-n* переходы ранее закрытых транзисторов T_3 или T_4. Эти переходы играют роль шунтирующих диодов, которые стабилизируют амплитуду напряжения гетеродина, что обеспечивает неизменность коэффициента усиления преобразователя во всем диапазоне частот.

Для предотвращения паразитной частотной модуляции, возникающей при работе приемника от батареи с пониженным напряжением, когда ее внутреннее сопротивление увеличивается, транзисторы гетеродина питаются стабильным напряжением, создающимся на эмиттерах транзисторов T_1 и T_2.

Коммутация входных и гетеродинных контуров диапазонов СВ и ДВ обычная. В контурах полурастянутых КВ поддиапазонов ис-

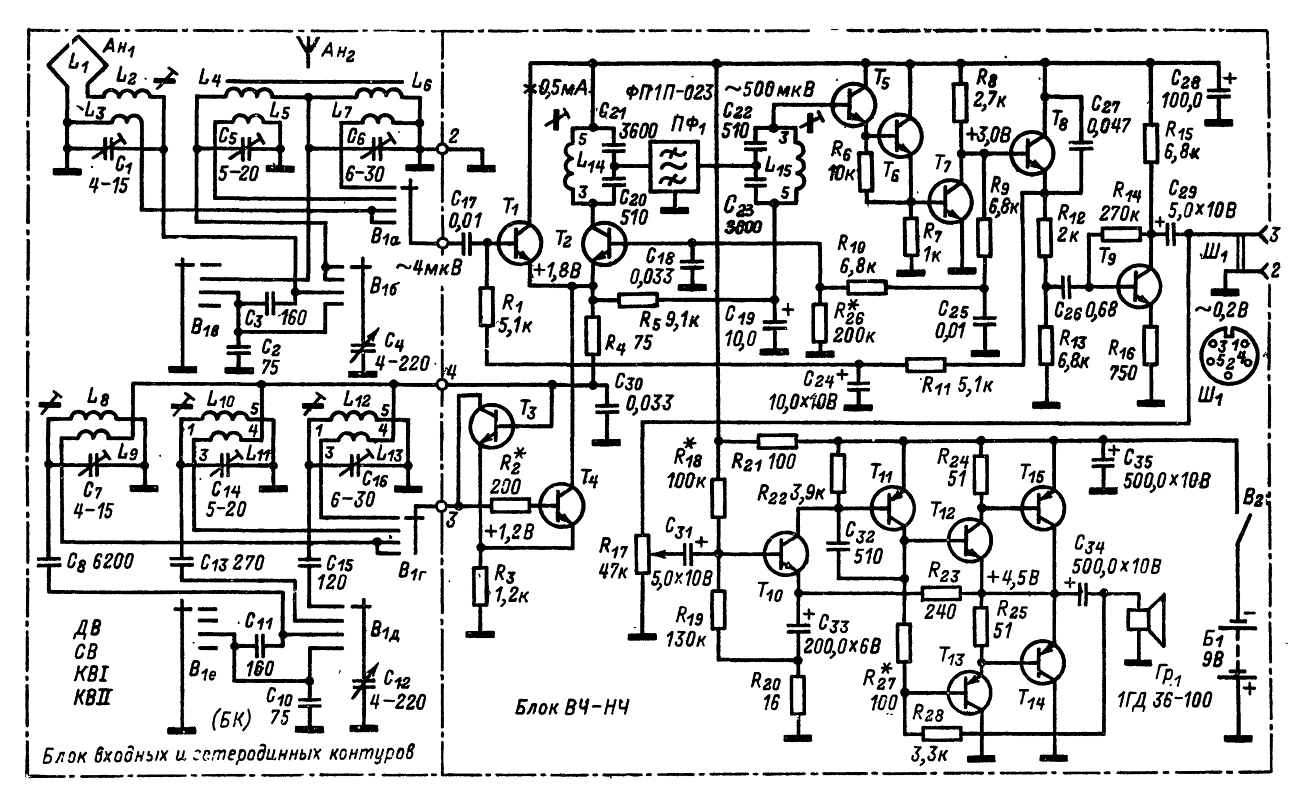


Рис. 12. Принципиальная схема приемника.

пользуются дополнительные конденсаторы C_2, C_3 и C_{10}, C_{11}, позволяющие получить заданные границы поддиапазонов с одной контурной катушкой. Такой способ коммутации позволяет сэкономить место на монтажной плате и упростить операцию сопряжения контуров.

В конце поддиапазона КВI сопряжение контуров осуществляется только изменением индуктивности контурной катушки L_2, а в начале поддиапазона КВII — подстроечным конденсатором C_1. На всех остальных участках КВ поддиапазонов сопряжение получается автоматически. Кроме того, при таком способе коммутации появляется возможность не переключать общую для поддиапазонов КВ катушку L_1 рамочной антенны $Ан_1$. Катушка L_2, входящая в этот контур, служит для подстройки КВ контура и согласования входного сопротивления транзистора T_1 с контуром с помощью катушки связи L_3.

В коллекторную цепь транзисторов смесительного каскада включен смешанный фильтр, состоящий из элементов $L_{14}\,C_{20}\,C_{21}\,ПФ_1\,C_{22}\,C_{23}\,L_{15}$ и подключенный ко входу УПЧ. Усилитель промежуточной частоты выполнен на транзисторах T_5—T_7. Большое входное сопротивление усилителя ПЧ позволяет полностью включить выходной контур ФСС ($L_{15}\,C_{22}\,C_{23}$) в базовую цепь транзистора T_5. По постоянному току УПЧ охвачен сильной отрицательной обратной связью, которая обеспечивает практически постоянное напряжение на коллекторе транзистора T_7. Это напряжение является опорным для стабилизации напряжения питания гетеродина и позволяет получить стабильное смещение на базе транзистора T_8 детекторного каскада.

Детекторный каскад, транзистор T_8 которого включен по схеме ОК, имеет достаточно большое входное и малое выходное сопротивления, а также малый коэффициент гармонических искажений и значительный коэффициент передачи. При входном напряжении 50 мВ и 30%-ной модуляции выходное напряжение достигает 10 мВ. С эмиттера транзистора T_8 сигнал звуковой частоты поступает на вход УЗЧ и одновременно через фильтр $R_{11}C_{24}$ АРУ и резистор R_1 подается на базу транзистора T_1.

С выхода предварительного УЗЧ сигнал через унифицированный разъем $Ш_1$ может быть подан на вход магнитофона или внешнего усилителя.

Оконечный УЗЧ (транзисторы T_{10}—T_{15}) с переменным резистором R_{17} на входе, выполняющим роль регулятора громкости, построен по бестрансформаторной схеме с автоматической стабилизацией режима транзисторов. Автоматическая стабилизация режима достигается с помощью резистора R_{23}, образующего цепь ООС. При этом при изменении напряжения питания с 9 до 4,5 В и соответствующем уменьшении выходной мощности не наблюдается заметного увеличения коэффициента гармоник. В выходном двухтактном каскаде на транзисторах T_{14}, T_{15} типа ГТ402А выходная мощность на головке 1ГД-36-100 (сопротивление звуковой катушки 8 Ом) составляет 0,7 Вт.

Для уменьшения интермодуляционных искажений между коллектором и базой транзистора T_{11} включен конденсатор C_{32}, сужающий полосу пропускания предоконечных каскадов. Такого же эффекта можно добиться включением параллельно резистору R_{23} конденсатора емкостью 0,1—0,15 мкФ. Подбором емкости этих конденсаторов осуществляют коррекцию частотной характеристики УЗЧ

в целом по наиболее естественному тембру звучания.

Конструкция и детали. Почти все детали приемника «Ялта» смонтированы на одной общей печатной плате (рис. 13) из фольгированного гетинакса (или стеклотекстолита). Поскольку на этой же плате размещены органы управления приемником (регулятор громкости, ось ручки настройки блока КПЕ и переключатель диапазонов), а также ролики привода шкального устройства, плата выполнена достаточно жесткой и прикреплена к корпусу приемника в шести точках. Если, однако, плату изготовить из более толстого материала (2—2,5 мм), число крепежных точек можно уменьшить до четырех.

На готовой плате с помощью металлического угольника устанавливают переключатель диапазонов, блок КПЕ (C_4, C_{12}), регулятор громкости, ось ручки настройки приемника и шпильки для роликов привода шкалы. Затем прикрепляют ферритовый стержень магнитной антенны и устанавливают электролитические конденсаторы большой емкости. Убедившись в правильности установки деталей и проведя необходимые подгоночные работы, перечисленные детали с платы снимают, а металлизированные части платы протирают резинкой для чернил и смазывают раствором канифоли в спирте. В соответствии с принципиальной схемой и схемой соединения деталей в отверстия в плате вставляют выводы всех резисторов и конденсаторов, кроме обозначенных звездочкой, и пропаивают точки соединений. Затем монтируют транзисторы, контурные катушки, блок КПЕ, регулятор громкости и переключатель диапазонов с предварительно смонтированными на нем конденсаторами C_2, C_3, C_{10}, C_{11}, C_{17}.

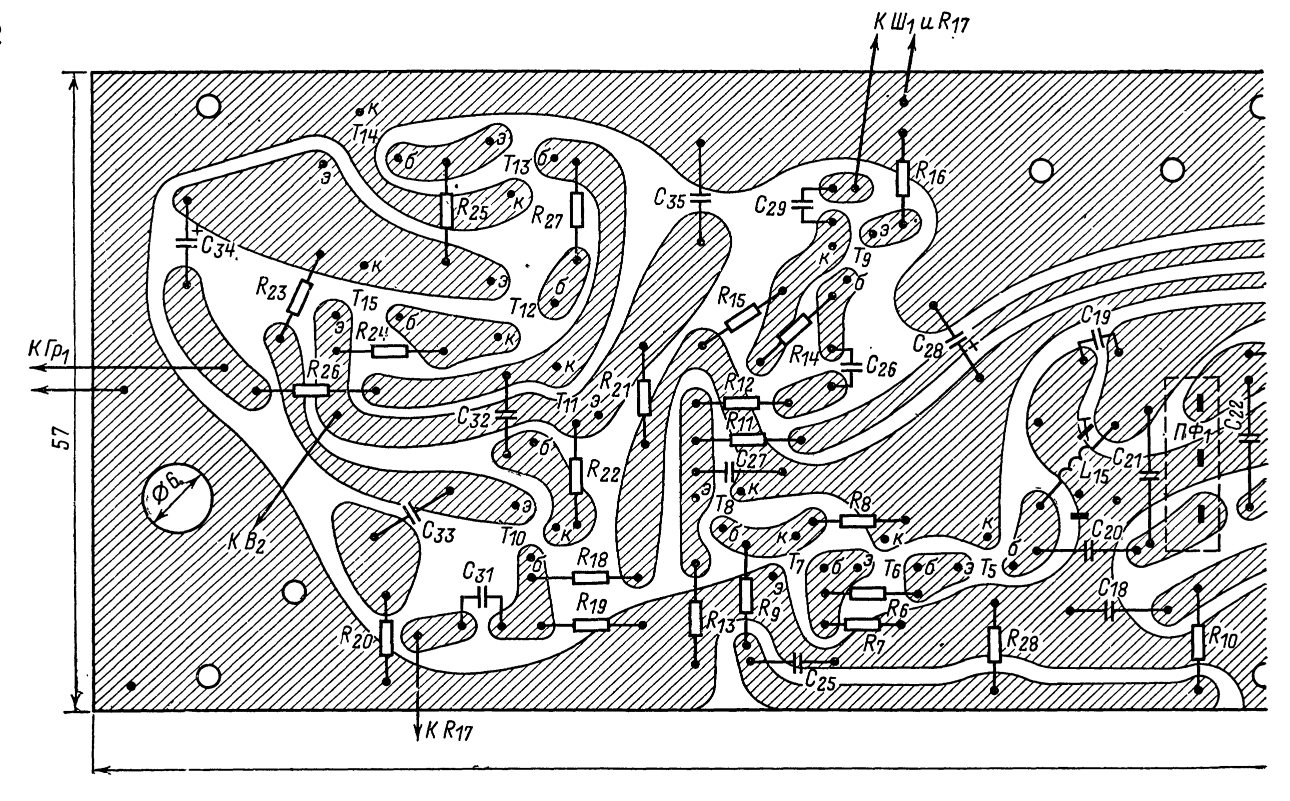
Все использованные в приемнике резисторы типа МЛТ-0,25 (или УЛМ-0,12), блокировочные конденсаторы — КМ или КЛС, электролитические конденсаторы — К50-6 на рабочее напряжение 10 В. Контурные конденсаторы должны быть типов КП, КМ или КПС групп М47, П220, М75; пригодны также конденсаторы КСОТ. Для контурных катушек диапазонов СВ и ДВ можно использовать комплект катушек от приемника «Соната» или «Селга» с блоком КПЕ от приемника «Селга». Коротковолновые катушки намотаны непосредственно на сердечники из феррита марки 100НН диаметром 2,8 мм и затем залиты воском с канифолью, с помощью которого они и крепятся к плате приемника.

Намоточные данные всех катушек приведены в табл. 1, а схема распайки выводов катушек — на рис. 14.

Подстроечные конденсаторы контуров диапазона КВ должны быть обязательно керамическими или тефлоновыми. Подстроечные конденсаторы диапазонов СВ и ДВ можно изготовить из отрезков провода ПЭВ-2 1,0 длиной 25—30 мм, намотав на них по всей длине провод ПЭВ-2 0,2 или ПЭВ-2 0,3.

Транзисторы T_1—T_8 радиотракта приемника — высокочастотные кремниевые структуры *n-p-n* типа КТ315 (КТ342, КТ316 и им подобные с емкостью коллекторного перехода менее 7 пФ). Транзисторы T_9, T_{10} УЗЧ могут быть такого же типа, а транзистор T_{11} — кремниевый структуры *p-n-p* типа КТ203 (КТ337, КТ326 или им подобный). Транзистор T_{12} — МП38, T_{13} — МП40, транзисторы T_{14} и T_{15} выходного каскада — ГТ402 (ГТ403, или, при размещении за пределами платы, П213, ГТ703 или П605)

Привод стрелки шкалы и верньерное устройство выполнены с применением роликов с двумя различными диаметрами, выполняю-


К Ш1 и R17
К Гр1
К В2
К R17
57
Ф6
T14
T13
T12
T15
T11
T10
T9
T8
T7
T6
T5
R25
R27
R23
R24
R26
R21
R22
R18
R19
R20
R15
R16
R14
R12
R11
R13
R9
R8
R6
R7
R28
R10
C34
C35
C29
C28
C26
C32
C33
C31
C27
C25
C19
C22
C21
C20
C18
L15
ПФ1

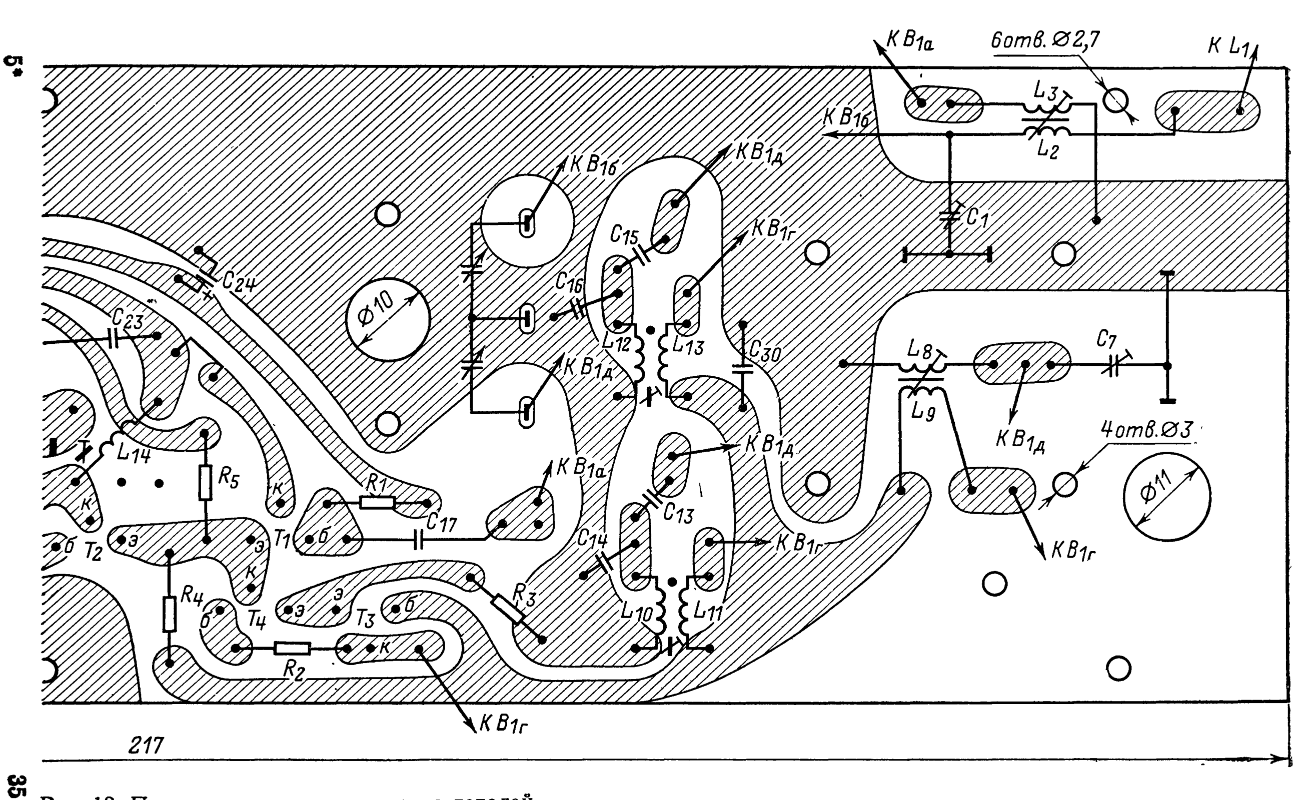


Рис. 13. Печатная плата и соединение деталей.

Таблица 1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1	0,5	—	—	Ручка для переноски из дюралюминия, 100×290×100 мм, сечением 15×1 мм
L_2 L_3	12 5	ПЭЛШО 0,35 ПЭЛШО 0,1	100ВЧ, 2,8×12	Без каркаса, на сердечнике Поверх L_2
L_4 L_5 L_6 L_7	75 10 45×6 15	ЛЭШО 10×0,07 ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,1	400НН, 8×160	Магнитная антенна $Ан_2$
L_8 L_9	22 12	ПЭЛШО 0,35 ПЭЛШО 0,1	100ВЧ, 2,8×12	Без каркаса, на сердечнике Поверх L_8
L_{10} L_{11}	33×3 15	ПЭВ-2 0,1 ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀8,8 мм	
L_{12} L_{13}	50×3 12	ПЭВ-2 0,1 ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀8,8 мм	
L_{14}	34×3	ЛЭ5×0,06	Ч5М600НН, ⌀8,8 мм	
L_{15}	34×3	ЛЭ5×0,06	Ч5М600НН, ⌀8,8	

щими роль трансформаторов длины, что позволило при сравнительно небольшом диаметре шкива на оси блока КПЕ от приемника «Селга» получить шкалу длиной 120 мм. Кинематическая схема привода и размеры шкивов приведены на рис. 15. Ролики вытачивают из любой пластмассы или металла (дюралюминий), шпильки — из латуни или стали. В качестве оси ручки настройки можно использовать ось со втулкой от негодного переменного резистора СП-1 или СПО-2. На роликах в одном месте бортика, разделяющего оба диаметра, делают пропилы круглым надфилем для прохода пасика привода КПЕ с ролика одного диаметра на другой. Способ крепления стрелки виден из рис. 15. Изгиб стрелки делают так, чтобы переме-

щение ее в пазу верхней рамки корпуса приемника было плавным и не создавало бокового смещения натянутого пасика привода, что может привести к соскакиванию его с ведущих роликов.

Корпус приемника изготовлен из дерева. Предлагаемая конструкция фанерного корпуса доступна в изготовлении радиолюбителям, обладающим некоторыми слесарными навыками. Детали корпуса соединяют между собой с помощью винтов и спиральных пру-

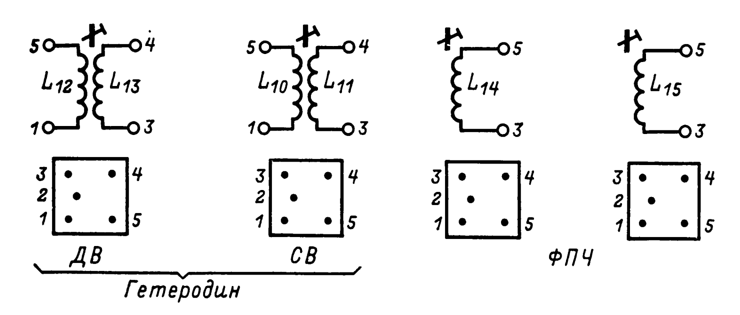


Рис. 14. Схема распайки выводов катушек.

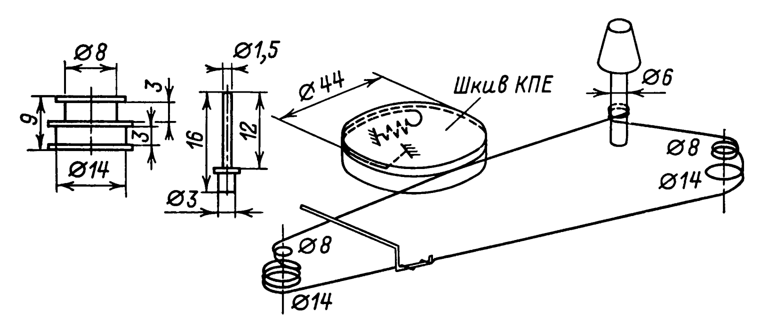


Рис. 15. Кинематическая схема привода шкалы.

жин. Все наружные поверхности оклеивают поливинилхлоридной пленкой, имитирующей ценные породы древесины.

Устройство корпуса показано на рис. 16. Он состоит из двух одинаковых боковых стенок *4* с закрепленными на них с помощью шурупов угольниками *3* и *7*, одинаковых передней *12* и задней *5* стенок, нижней стенки *2*, подшкальника *9*, четырех фигурных металлических планок *11*, четырех стяжных пружин *13* и переносной ручки *8*. Угольники *3* служат для крепления нижней стенки, угольники *7* — для крепления держателя шкалы. Фигурные планки *11* вставлены в продольные пазы, прорезанные в передней и задней стенках примерно на половину их толщины. Выступы планок пропущены в узкие (по ширине планок) четырехугольные отверстия и изнутри корпуса стянуты пружинами *13*. Выступы в средней части планок имеют резьбовые отверстия, используемые для крепления

монтажной платы Выступающие наружу кромки планок отполированы и служат декоративным украшением.

Все детали корпуса изготовлены из тонкослойной фанеры толщиной 5 мм Боковые стенки *4* склеены из двух частей, одна из которых (фанера толщиной 6 мм) определяет его внутренние размеры. Держатель шкалы — это гетинаксовая пластина с прикрепленными к ней по длинным сторонам полированными угольниками *10*, между которыми при сборке приемника плотно вкладывают шкалу *14*, изготовленную из прозрачного органического стекла. В пластине дер-

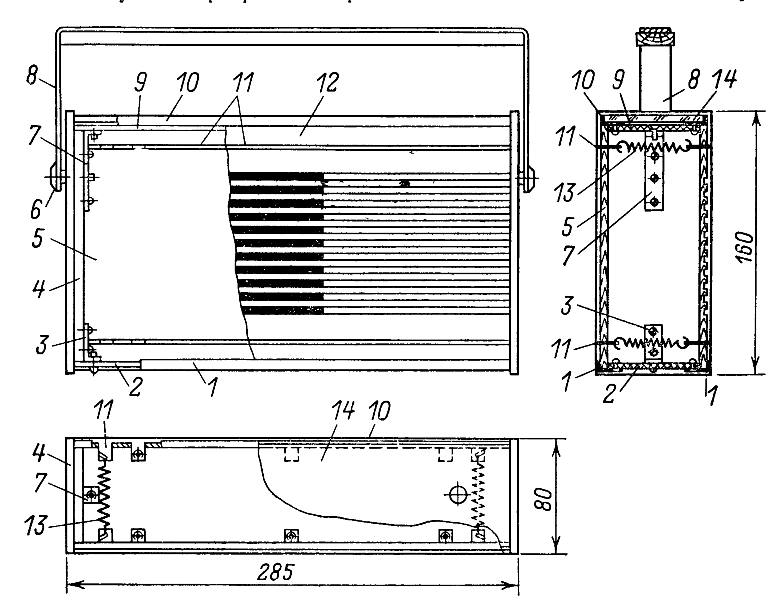


Рис. 16. Конструкция корпуса приемника.

жателя имеются отверстия под винты крепления к угольникам *7* и продольное отверстие под стрелу-указатель настройки Примерно такую же конструкцию имеет нижняя стенка с той лишь разницей, что гетинаксовая пластина приклепана не с наружной, а с внутренней стороны угольников *1* На этой пластине размещают батарею питания и контакты для ее подключения. Так как ручка для переноски приемника используется в качестве рамочной антенны, то для создания хорошего электрического контакта ее с угольниками *7* между боковыми стенками *4* и ручкой *8* прокладывают толстые дюралюминиевые шайбы с полированными поверхностями, а ручки в рабочем положении плотно притягивают к ним винтами *6* с накаткой по боковой поверхности и полированными торцами, не портящими внешнего вида приемника. При изготовлении отверстия под головку громкоговорителя поверхности передней и задней стенок корпуса на половину толщины материала профрезировывают в виде горизонтальных пазов. Эту работу можно также выполнить с помощью

стального зуба вручную, соблюдая осторожность, чтобы не расщепить слои фанеры. При невозможности выполнения продольных пазов их можно заменить круглыми отверстиями, равномерно расположенными по поверхности передней и задней стенок с помощью металлического шаблона. Просверливать отверстия следует до половины толщины материала. С обратной стороны каждой стенки профрезировывают прямоугольный паз, ширина и длина которого соответствуют размерам рабочей части диффузора головки. Отверстия, находящиеся в пределах размеров диффузора головки, сверлят насквозь и зенкуют с обратной стороны сверлом большего диаметра.

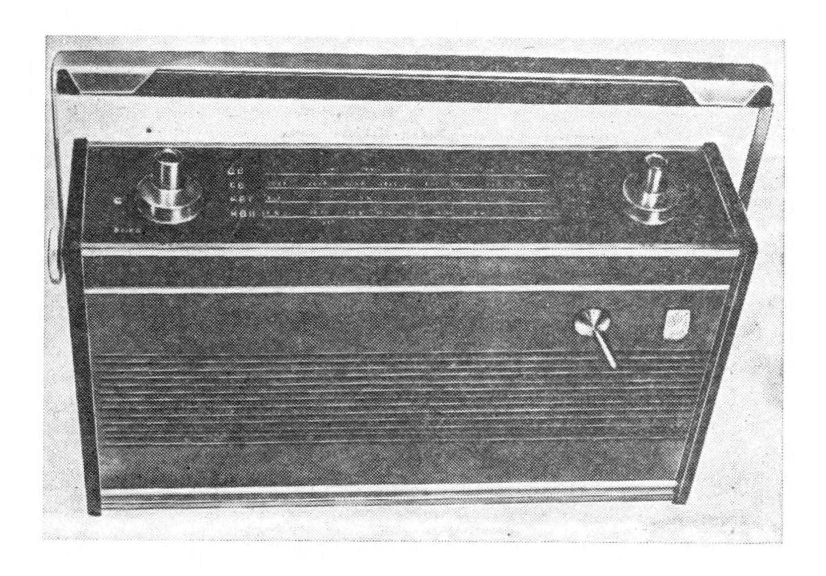


Рис. 17. Внешний вид переносного приемника «Ялта».

Пазы (или отверстия) с лицевой стороны стенок закрашивают морилкой или черными чернилами для авторучек.

Заготовленные детали корпуса покрываются нитроэмалевым лаком НЦ-222 путем погружения в лак или распыления пульверизатором.

Для повышения прочности корпуса и придания хорошего внешнего вида к дюралюминиевой ручке для переноски снизу крепят деревянную лакированную планку. Крепление ее производят с двух торцов маленькими шурупами с потайными предварительно отполированными головками.

Внешний вид приемника показан на рис. 17.

Рекомендации по налаживанию. Использование системы автоматического поддерживания режимов транзисторов по постоянному току приводит к тому, что УПЧ, детектор и гетеродин в налаживании не нуждаются.

Режим транзисторов T_1 и T_2 устанавливают следующим образом: в разрыв коллекторной цепи транзистора T_1 включают миллиамперметр на ток 3—5 мА, для чего на монтажной плате предусмотрена перемычка, и подбором резистора R_{26} добиваются тока 0,5—0,6 мА. На это время резистор R_{26} целесообразно временно заменить переменным резистором на 270 кОм. Во время приема слабых сигналов или при подаче на вход приемника от генератора сигналов ВЧ (ГС) минимально различимого на слух сигнала, медленно изменяя сопротивление этого резистора, добиваются максимальной чувствительности приемника. При нечетко выраженном максимуме следует поставить движок переменного резистора в положение, соответствующее наибольшему сопротивлению, при котором громкость принимаемых сигналов не снижается.

Режим транзисторов УЗЧ устанавливают подбором резисторов R_{18} и R_{27}. Подбором резистора R_{18} устанавливают на коллекторе транзистора T_{15} напряжение, равное половине напряжения питающей батареи, а подбором резистора R_{27} — ток покоя транзисторов T_{12} и T_{13} предоконечного каскада, равный 1—1,5 мА. Более точное сопротивление резистора R_{27} определяют по минимальным искажениям звука при работе приемника на малой громкости (при небольшом токе покоя транзисторов выходного каскада).

Затем настраивают ФСС Для этого на базу транзистора T_1 через конденсатор C_{17} подают от ГС сигнал частотой 465 кГц, в разрыв его коллекторной цепи включают миллиамперметр и по максимуму показаний настраивают контуры ПЧ вращением сердечников катушек L_{14} и L_{15} Поскольку резонансная частота пьезокерамического фильтра $ПФ_1$ может несколько отличаться от частоты 465 кГц, то, расстраивая ГС в обе стороны от максимального значения, уточняют среднюю частоту настройки пьезокерамического фильтра и снова подстраивают контуры сердечниками катушек L_{14} и L_{15}.

При отсутствии ГС ФСС настраивают по максимальному показанию миллиамперметра или максимальной громкости приема какой-либо радиостанции, работающей в СВ или КВ диапазоне. Обычно это удается даже при несопряженных входных контурах (особенно на КВ). Частота настройки ФСС при этом определится резонансной частотой пьезокерамического фильтра.

Установку граничных частот гетеродина производят на низкочастотных участках каждого из диапазонов подстройкой индуктивностей контурных катушек соответствующих контуров, на высокочастотных участках — подстроечными конденсаторами. Контрольный сигнал от ГС подается на базу транзистора T_1. Несмотря на то что в приемнике два КВ поддиапазона, их настраивают как один, за начало КВ диапазона принимая начало КВI, а за конец — конец поддиапазона КВII. Поэтому в поддиапазоне КВI на нижней частоте подстраивают катушку L_8, а в поддиапазоне КВII на верхней частоте подстраивают конденсатор C_7.

После настройки гетеродинных контуров, пользуясь ГС, сопрягают входные контуры приемника. Для этого к выходному кабелю ГС с делителем подключают последовательно соединенные резистор сопротивлением 82 Ом и отрезок монтажного провода длиной 0,5—0,3 м, свернутый петлей. Эту петлю располагают вблизи магнитной антенны приемника так, чтобы уровень сигнала ГС был достаточным для уверенного приема.

Сопряжение входных контуров необходимо начинать с диапа-

зона СВ. Поскольку катушки L_4 и L_5 включены последовательно, подстраивать катушку диапазона ДВ без точной настройки катушки диапазона СВ нельзя. Индуктивность катушки L_4 входного контура диапазона СВ подстраивают перемещением ее по ферритовому стержню магнитной антенны; нижняя частота точного сопряжения составляет 560 кГц. Затем приемник перестраивают на верхнюю частоту точного сопряжения (1400 кГц) и подстраивают входной контур конденсатором C_5. Так как работа системы АРУ как бы маскирует момент точной настройки, его лучше всего определять по показанию миллиамперметра, включенного в коллекторную цепь транзистора T_1.

Процесс сопряжения на каждой из частот необходимо повторить несколько раз, так как подстройка на высшей частоте приводит к некоторой расстройке входного контура на низшей частоте, ранее установленной перемещением катушки. Сопряжение контуров диапазона ДВ производят на частотах точного сопряжения 160 и 400 кГц только что описанным способом. В поддиапазоне КВІ сопряжение производят на частоте 6,1 МГц, подстраивая входной контур перемещением сердечника катушки L_2, в диапазоне КВІІ — 11,8 МГц подстроечным конденсатором C_1. При подстройке конденсатором C_1 возможен уход частоты гетеродина из-за связи между входным и гетеродинным контурами через емкости переключателя, монтажа и емкости транзисторов преобразовательного каскада. Поэтому оптимальную емкость конденсатора C_1 устанавливают по максимальному показанию индикатора или максимальной громкости при одновременной подстройке приемника (ручкой настройки) на сигнал ГС. Сопряжение необходимо повторить несколько раз.

Окончательно контуры СВ и ДВ диапазонов подстраивают, когда приемник будет размещен в корпусе и можно будет учесть влияние металлической массы головки громкоговорителя на магнитную антенну. Входной контур КВ поддиапазонов сопрягают в полностью собранном приемнике со снятым держателем шкалы и обязательно привинченной ручкой для переноски, поскольку она составляет часть индуктивности входного контура.

После окончательной подстройки контуров сердечники всех катушек заливают расплавленными воском или церезином с небольшим содержанием канифоли.

При желании в приемник может быть введен индикатор настройки — микроамперметр на ток 100—250 мкА. Для этого в коллекторную цепь транзистора T_2 включают резистор сопротивлением 200—270 Ом, а параллельно ему — микроамперметр, зашунтированный конденсатором емкостью 0,01—0,022 мкФ. Момент точной настройки в этом случае определяется по минимуму показаний индикатора.

ПЕРЕНОСНЫЙ ПРИЕМНИК «ЯЛТА-2»

Этот приемник является дальнейшим развитием приемника «Ялта». Он выполнен в том же корпусе, с тем же расположением органов управления, но с иной разбивкой диапазонов частот.

Эксплуатация приемника «Ялта» в условиях большого промышленного города показала, что уровень индустриальных помех затрудняет качественный радиоприем в диапазоне ДВ даже местных и мощных станций центрального радиовещания, поэтому этот диа-

пазон заменен диапазоном УКВ, позволяющим вести более высококачественный прием. Два полурастянутых поддиапазона в приемнике «Ялта-2» объединены в один диапазон с возможностью точной настройки электрическим путем в той части диапазона, где механическая настройка из-за неполной прямочастотности секций блока КПЕ затруднена. Все это упростило коммутацию контурных катушек, монтаж и налаживание приемника, сохранив при этом его хорошие приемные свойства.

Приемник рассчитан на прием программ радиостанций, работающих в диапазонах СВ (525—1605 кГц), КВ (5,95—12,1 МГц) и УКВ (65,8—73 МГц). В диапазонах СВ и КВ прием ведется на внутреннюю магнитную антенну, в диапазоне УКВ — на штыревую телескопическую.

Реальная чувствительность в диапазонах СВ и КВ с базы первого транзистора составляет 5 мкВ, что соответствует реальной чувствительности по полю (при выходной мощности 50 мВт): в диапазоне СВ 0,9 мВ/м, в диапазоне КВ 0,5 мВ/м при соотношении сигнал/шум 20 дБ В диапазоне УКВ при соотношении сигнал/шум 26 дБ чувствительность составляет 15 мкВ

Промежуточная частота тракта АМ 465 кГц, тракта ЧМ 6,8 МГц. Селективность по соседнему каналу (АМ) при расстройке ±9 кГц — не менее 46, по зеркальному каналу на СВ — не менее 30, на КВ — не менее 12 дБ Усредненная крутизна ската резонансной характеристики в диапазоне УКВ в интервале ослабления от 6 до 26 дБ — не менее 0,17 дБ/кГц. Ширина пропускания тракта УКВ — не менее 180 кГц, ослабление зеркального канала на УКВ — не менее 26 дБ. Ослабление сигнала с частотой равной промежуточной, в диапазоне СВ — не менее 30, в диапазонах КВ и УКВ — не менее 40 дБ.

Действие АРУ: при изменении сигнала (АМ) на входе на 60 дБ выходное напряжение сигнала изменяется не более чем на 6 дБ. Полоса воспроизводимых звуковых частот во время приема АМ сигналов — от 125 до 4000 Гц, ЧМ сигналов — от 125 до 10 000 Гц.

Номинальная и максимальная выходные мощности, потребляемый ток и источник питания такие же, как и у приемника «Ялта».

Принципиальная схема приемника показана на рис. 18.

В диапазонах СВ и КВ сигнал радиостанции, выделенный контуром магнитной антенны $Ан_2$, через соответствующую катушку связи (L_2 или L_4), переключатель $В_{1в}$ и конденсатор C_{17} подается на вход смесительного каскада, выполненного на транзисторах T_1 и T_2. Транзистор T_1 включен по схеме ОК, транзистор T_2 — по схеме ОБ, что позволяет осуществлять полное включение контура $L_{12}C_{21}$ фильтра ПЧ АМ через диод $Д_3$. Так как в этих диапазонах питание на коллектор транзистора T_2 подается через диод $Д_3$, включенный в прямом направлении, диод представляет для токов ВЧ малое по сравнению с резонансным сопротивлением контура $L_{12}C_{21}$ динамическое сопротивление (50 Ом). Анод диода $Д_2$, работающего только в диапазоне УКВ, через контур $L_{11}C_{20}$ и резистор R_8 соединен с общим проводом, поэтому на его катоде оказывается положительное коллекторное напряжение транзистора T_2, которое закрывает диод и тем самым отключает контур $L_{11}C_{20}$.

При приеме радиостанций УКВ диапазона на штыревую антенну $Ан_1$ сигнал, выделенный входным контуром $L_5C_9C_{10}C_8$, через отвод катушки L_5 и переключатель $В_{1в}$ поступает на вход того же смесителя. Но в этом случае питание на коллектор транзистора T_2

подается через открытый диод $Д_2$, включающий в эту цепь контур $L_{11}C_{20}$ фильтра ПЧ ЧМ. Диод $Д_3$ в это время оказывается закрытым, и контур $L_{12}C_{21}$ фильтра ПЧ АМ отключенным.

Гетеродин, выполненный на транзисторах T_3 и T_4, общий для всех диапазонов. Питание его транзисторов, осуществляемое через транзисторы смесителя, поддерживается постоянным благодаря системе стабилизации, в которой используются по постоянному току транзисторы УПЧ.

Принцип действия двухтранзисторного гетеродина описан ранее.

Для устойчивой генерации гетеродина в диапазоне УКВ связь его транзистора с колебательным контуром сделана автотрансформаторной, а сам контур не содержит элементов коммутации. Такое построение гетеродина требует дополнительного пояснения.

При трансформаторной связи двух катушек с малым числом витков и без ферромагнитного сердечника, какими обычно бывают катушки УКВ диапазона, получить коэффициент связи между ними, близкий к единице, не удается. Это приводит к тому, что катушки образуют два контура с резонансными частотами, определяемыми подключенными к ним конденсаторами А так как транзисторы гетеродина имеют непосредственную связь с контуром, образованным катушкой связи и емкостями монтажа и транзисторов, то устойчивая генерация может возникнуть на частоте именно этого контура. При автотрансформаторной связи условия генерации на частоте, определяемой частью контурной катушки, ухудшаются из-за большой связи за счет контурного тока, протекающего по всей катушке. При расположении контурной катушки сравнительно далеко от контактов переключателя в индуктивность контура войдет еще индуктивность соединительных проводов, а в емкость контура гетеродина — емкость соединительных проводов. В этом случае возможно возникновение генерации на частоте, определяемой неучтенными параметрами соединительных проводов. Так как в качестве органа настройки приемника используется четырехсекционный блок КПЕ, то имеется возможность расположить контурные катушки УКВ вблизи секций КПЕ с малой емкостью и создать тем самым компактные контуры, частоты настройки которых соответствуют входящим в них индуктивностям и емкостям.

Гетеродинные катушки диапазонов КВ и СВ имеют ферритовые сердечники, увеличивающие связь между катушками. Поэтому здесь применена трансформаторная связь.

Сигнал промежуточной частоты, выделенный фильтром ПЧ АМ или ЧМ, в зависимости от включенного диапазона поступает на вход УПЧ на транзисторах T_5—T_7 с большим входным сопротивлением и усиливается им. Усиленный сигнал ПЧ выделяется нагрузочным резистором R_{15}.

Во время приема станций диапазонов СВ и КВ транзистор T_8, включенный по схеме ОК, служит амплитудным детектором. С части его нагрузки — резистора R_{18} напряжение звуковой частоты через переключатель B_{1e} подается на вход предварительного УЗЧ. Напряжение АРУ снимается со всей нагрузки детектора ($R_{17}+R_{18}$) и через фильтр $R_{14}C_{30}$ и резистор R_1 подается на базу транзистора T_1 смесительного каскада.

При работе в диапазоне УКВ транзистор T_8 выполняет роль дополнительного каскада УПЧ. В его коллекторную цепь включен первый контур $L_{16}C_{32}$ фазосдвигающего трансформатора ЧМ детектора, выполненного на диодах $Д_4$ и $Д_5$. Необходимая связь между

контурами $L_{16}C_{32}$ и $L_{18}C_{36}$ достигается за счет конденсатора C_{34}, подключенного к одному из выводов катушки L_{18}.

Частотный детектор выполнен по схеме детектора отношений, подавляющего амплитудную модуляцию. Следует отметить, что медленные изменения уровня сигнала детектор отношений подавить не может и уровень напряжения звуковой частоты на его выходе зависит от уровня сигнала на входе. Стабилизация уровня сигнала осуществляется той же цепью АРУ, что и в СВ и КВ диапазонах.

Необходимый спад частотной характеристики частотного детектора для коррекции предыскажений ЧМ передатчика осуществляется

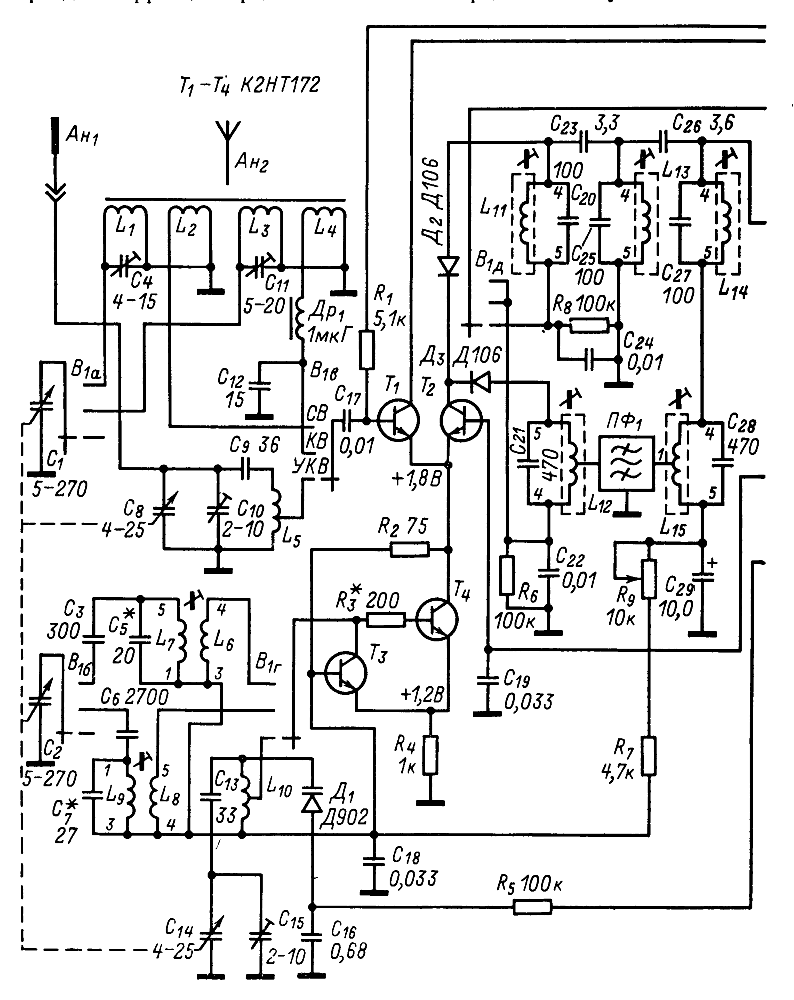


Рис. 18. Принципиальная

RC-цепью, состоящей из резисторов R_{21}, R_{22} и конденсатора C_{41}, включенного на входе УЗЧ.

Стабилизация режимов транзисторов смесителя, гетеродина и УПЧ происходит благодаря включению их по постоянному току в цепь обратной связи усилителя на транзисторе T_7. О работе такой кольцевой стабилизации уже говорилось ранее.

Усилитель звуковой частоты в приемнике «Ялта-2» (T_{10}—T_{15}) такой же, как в «Ялте».

Для стабильной работы приемника на УКВ диапазоне в гетеродин введена АПЧ, устраняющая возможные расстройки гетеродина

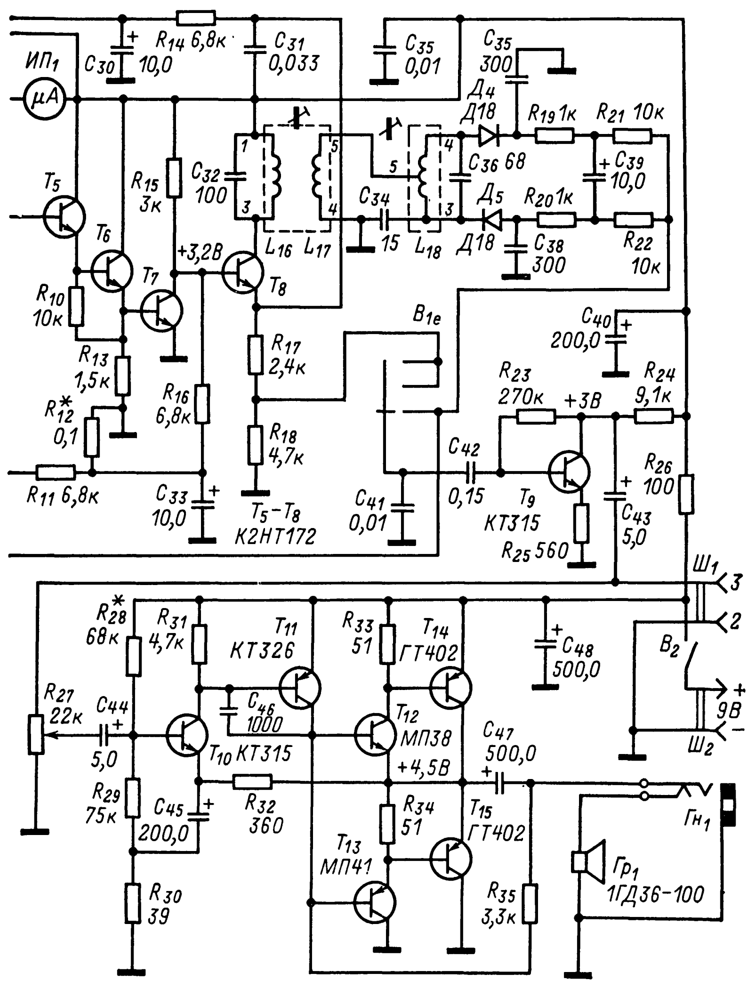
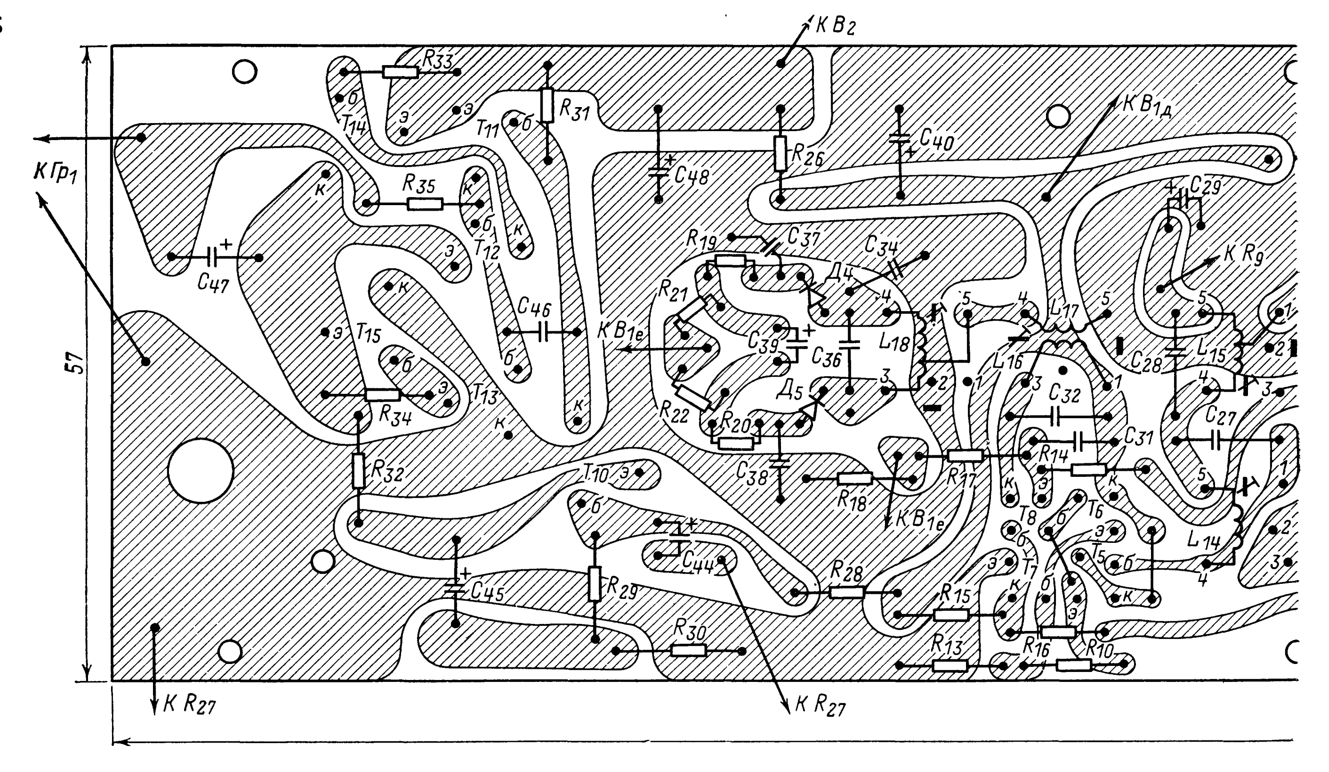


схема приемника «Ялта-2».


К В2
К В1д
К Гр1
К R9
К В1е
К В1е
К R27
К R27
57
R33
R31
R35
R34
R32
R26
R19
R21
R22
R20
R18
R17
R14
R28
R29
R30
R15
R13
R16
R10
C47
C48
C40
C37
C34
C39
C36
C38
C46
C45
C44
C32
C31
C29
C28
C27
Д4
Д5
L18
L17
L16
L15
L14
T14
T11
T12
T15
T13
T10
T8
T6
T7
T5

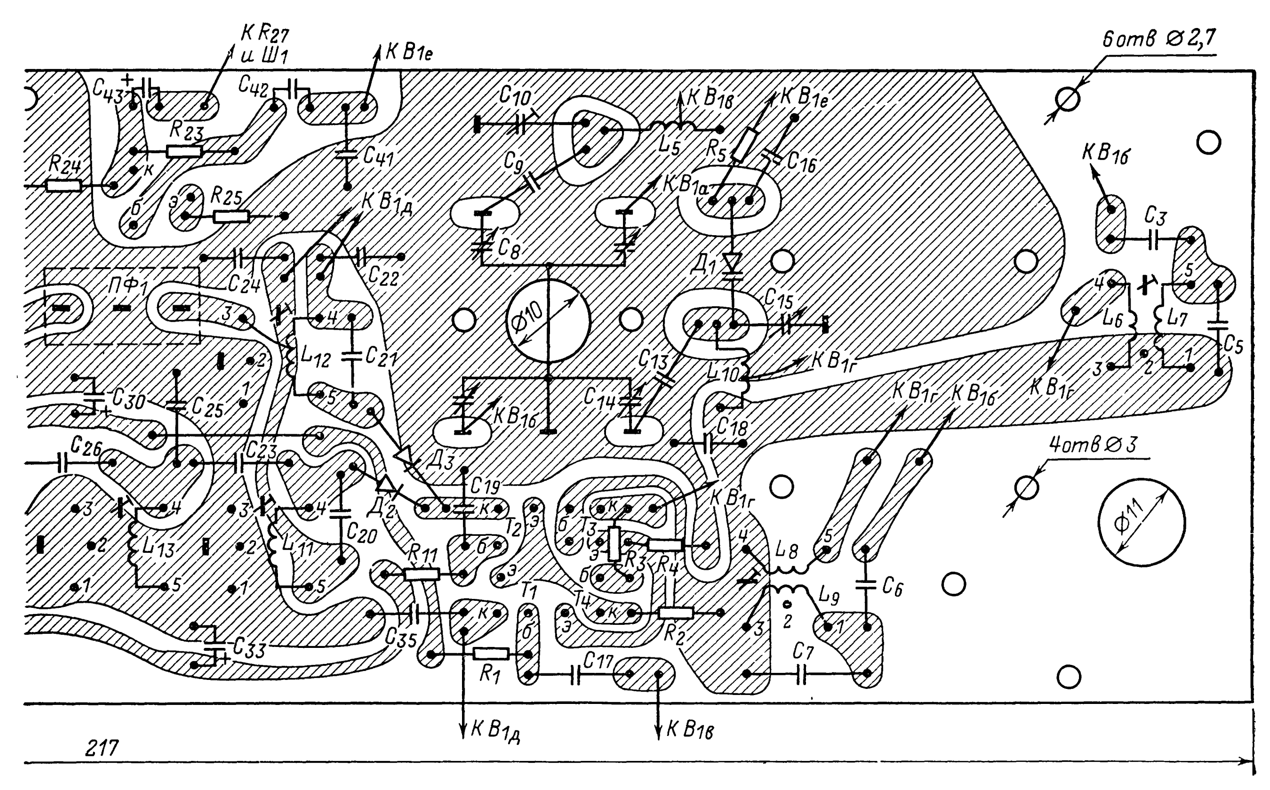


Рис. 19. Печатная плата и соединение деталей.

при изменении напряжения питания (в том числе из-за работы системы АРУ), температуры окружающей среды и изменении параметров антенны (например, при прикосновении к ней). Напряжение АПЧ гетеродина с выхода детектора ЧМ сигнала через фильтр R_5C_{16} подается к варикапу $Д_1$. Так как варикап $Д_1$ катодом подключен к контурной катушке L_{10} гетеродина, через которую к коллектору транзистора T_3 подводится стабилизированное напряжение питания, он смещен в обратном направлении и не может детектировать колебания гетеродина. Выключатель системы АПЧГ не предусмотрен, так как точная настройка приемника на середину полосы захвата АПЧГ производится по индикатору настройки $ИП_1$, включенному в коллекторную цепь транзистора T_2. Коллекторный ток этого транзистора при работе АРУ уменьшается, фиксируя точную настройку на радиостанцию.

Для точной настройки в диапазонах КВ и УКВ используется зависимость частоты гетеродина от напряжения питания, которое в небольших пределах можно изменять переменным резистором R_9, включенным в цепь обратной связи стабилизатора напряжения. Для устранения шорохов при подстройке частоты, появляющихся из-за плохого контакта в переменном резисторе, цепь базы транзистора T_5 заблокирована конденсатором большой емкости C_{29}. Этот же конденсатор уменьшает фликер-шум, который при значительном усилении в кольце стабилизации режима может несколько снизить реальную чувствительность приемника.

Конструкция и детали. Все детали приемника, кроме резистора R_9 плавной настройки и розетки разъема $Ш_1$, смонтированы на одной общей печатной плате из фольгированного гетинакса (или стеклотекстолита) толщиной 1,5 мм (рис. 19). Ее размеры и крепежные точки такие же, как в приемнике «Ялта» (приемник можно разместить в том же корпусе). Изменены лишь точки крепления блока КПЕ и держателя магнитной антенны. Блок КПЕ — четырехсекционный от приемника «Рига-302». Секции с максимальной емкостью 270 пФ используются для диапазонов СВ и КВ, с максимальной емкостью 25 пФ — для диапазона УКВ. Ось блока имеет то же сечение, что и ось блока приемника «Селга», что позволило применить прежний шкив диаметром 44 мм. Стержень магнитной антенны использован от приемника «Меридиан-201» (из феррита М150ВЧ-1, диаметром 10 мм, длиной 200 мм). На нем на подвижных каркасах размещены катушки L_1 и L_3 входных контуров диапазонов СВ и КВ с соответствующими катушками связи.

Данные всех контурных катушек приведены в табл. 2. Схема распайки выводов катушек диапазонов СВ, КВ и катушек фильтров ПЧ показана на рис. 20.

Контурные катушки диапазона УКВ наматывают голым медным проводом на оправке диаметром 5 мм. После намотки витки катушек несколько растягивают и затем снимают с оправки. После монтажа на плате внутрь катушек вставляют кусочки поролона, предотвращающие их самопроизвольную деформацию и снижающие опасность возникновения акустической обратной связи, которая может возникнуть из-за вибрации витков при большой громкости звучания.

Все конденсаторы с емкостью до 0,033 мкФ типа К10-23 специально рассчитаны для печатного монтажа. Возможно также использование конденсаторов КЛС, КМ, КТ. Электролитические конденсаторы типа К50-6 или К50-3 с рабочим напряжением 10 В. Все

Таблица 2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1 L_2 L_3 L_4	90 10 7 3	ЛЭ7×0,07 ПЭШО 0,12 ПЭВ-2 0,41 ПЭШО 0,12	М150ВЧ-1, 10×200 мм	Магнитная антенна от приемника «Меридиан-201», шаг намотки 2 мм
L_5	4	ММ 0,8	—	Намотка на оправке ∅ 5 мм, отвод от 1 витка
L_6 L_7	12 34×3	ПЭВ-2 0,12 ЛЭ5×0,06	Ч5М600НН	—
L_8 L_9	8 15	ПЭШО 0,12 ПЭШО 0,25	М100ВЧ, 2,8×12 мм	Каркас ∅ 7 мм
L_{10}	4	ММ 0,8	—	Намотка на оправке ∅ 5 мм, отвод от 1,5 витка
L_{11}, L_{13}, L_{14}	6×3	ПЭЛШО 0,12	Ч5М600НН	—
L_{12}, L_{15}	34×3	ЛЭ5×0,06	Ч5М600НН	Отвод от 20-го витка
L_{16} L_{17}	6×3 3×3	ПЭШО 0,12 ПЭШО 0,12	Ч5М600НН	—
L_{18}	2× ×3×3	ПЭШО 0,12	Ч5М600НН	Намотка в два провода в трех секциях

контурные катушки, кроме катушек диапазона УКВ, гетеродина КВ и входных контуров, помещены в экранах. Экраны и арматура катушек использованы от приемника «Сокол». Возможно применение любой другой малогабаритной арматуры с броневыми или цилиндрическими сердечниками из феррита М600НН с подстроечниками диаметром 2,8 мм из такого же материала.

Для контурной катушки гетеродина КВ использована такая же арматура с подстроечным сердечником из феррита М100ВЧ, но без броневого сердечника. Пьезокерамический фильтр $ПФ_1$ типа ФП1П-024 может быть заменен другим аналогичного типа. Диоды

$Д_2$ и $Д_3$ обязательно типа Д106 с малой проходной емкостью и малым током утечки при обратном смещении. Варикап $Д_1$ типа Д902. Он может быть заменен варикапами Д901, КВ102А, если их подключить к контуру гетеродина через цепочку из параллельно соединенных резистора сопротивлением 50—100 кОм и конденсатора емкостью 5—7 пФ (для уменьшения вносимой в контур гетеродина емкости и ограничения полосы захвата АПЧГ).

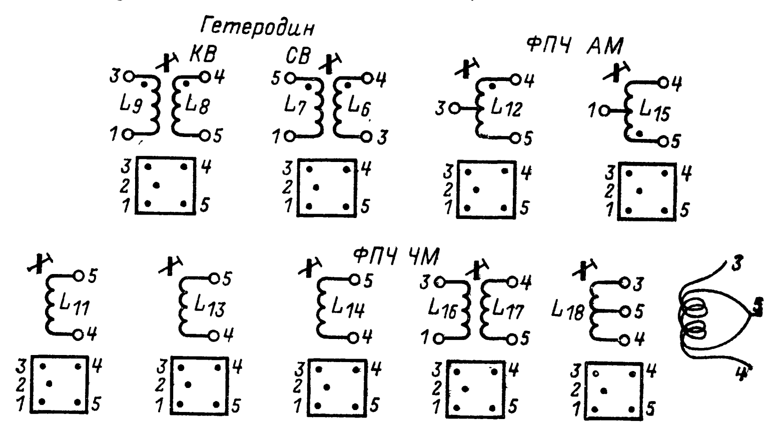


Рис. 20. Распайка выводов катушек.

Несмотря на то что часть печатной платы, относящейся к радиотракту, рассчитана на монтаж микросборок К2НТ172 ($Т_1$—$Т_8$), их можно заменить кремниевыми *n-p-n* транзисторами с $f_т$>200 МГц и емкостью коллекторного перехода менее 7 пФ, например КТ316, КТ342.

В УЗЧ транзисторы $Т_9$ и $Т_{10}$ могут быть любыми кремниевыми структурами *n-p-n*, например КТ209, МП111—МП113. Транзистор $Т_{11}$ — кремниевые транзисторы КТ326, КТ337 или МП114—МП116. В выходном каскаде возможно применение пары транзисторов ГТ402 и ГТ404 (рис. 21).

Разъем питания $Ш_2$ — контактная колодка от батареи «Крона». Вначале на печатной плате монтируют проволочные перемычки, резисторы, электролитические и керамические конденсаторы, затем транзисторы и микросборки. Пайку выводов микросборок необходимо производить быстро, хорошо разогретым паяльником с достаточным количеством канифоли для быстрого облуживания выводов и соединительных печатных проводников платы. Микросборки имеют вывод *13* (корпус), для которых в плате предусмотрены соответствующие отверстия. Резисторы, определяющие режимы транзисторов радиотракта, УЗЧ и конденсатор $С_{34}$ временно припаивают со стороны соединительных проводников, не заливая оловом отверстия для их выводов. С той же стороны размещают и подстроечные конденсаторы контуров УКВ диапазона.

Затем монтируют все катушки. К переключателю диапазонов (типа ПМ) перед установкой его на плату припаивают отрезки мон-

тажного провода для соединения его контактов с соответствующими точками печатной платы с секциями блока КПЕ и катушками магнитной антенны. Подключив динамическую головку и источник питания, приступают к налаживанию приемника.

Налаживание приемника. Перед налаживанием приемника калибруют индикатор настройки по схеме, изображенной на рис. 22. Резистор R_1, шунтирующий индикатор $ИП_1$, подбирают так, чтобы

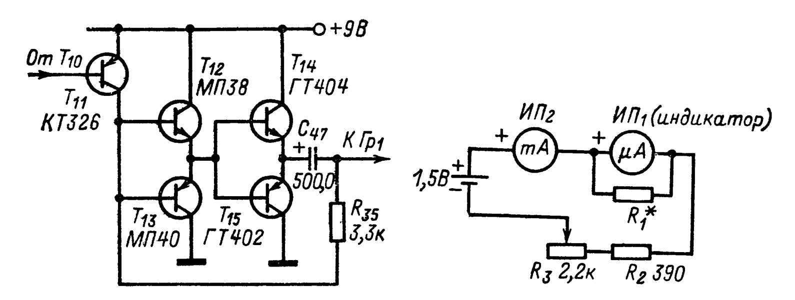


Рис. 21. Схема выходного каскада УЗЧ на комплементарной паре транзисторов.

Рис. 22. Схема калибровки индикатора настройки

току 0,7 мА (по миллиамперметру $ИП_2$) соответствовало полное отклонение его стрелки. После этого прибор вместе с резистором R_1 включают в соответствующую цепь приемника. Вместо прибора-индикатора на время налаживаиия приемника можно включить миллиамперметр (авометр) на ток 1 мА. Кратковременно включив питание, убеждаются, что суммарный ток покоя, потребляемый приемником, не превышает 8—10 мА. Режим транзисторов T_1 и T_2 устанавливают подбором резистора R_{12} по току коллектора транзистора T_2, равному приблизительно 0,5 мА, т. е. 70% отклонения стрелки индикатора настройки. Напряжение на коллекторе транзистора T_{14}, равное точно половине напряжения источника питания, устанавливают подбором резистора R_{28}.

Если ток покоя при первом включении приемника велик, а в головке слышны шипение или свист, свидетельствующие о самовозбуждении УЗЧ, необходимо увеличить емкость конденсатора C_{46} или параллельно резистору R_{32} подключить конденсатор емкостью 0,1—0,25 мкФ. После подгонки режимов транзисторов по постоянному току подобранные резисторы устанавливают на свои места со стороны деталей.

Следующий этап — настройка контуров ПЧ на номинальные частоты. Сначала настраивают фильтр АМ на частоту середины полосы пропускания пьезокерамического фильтра. Напряжение ПЧ (465 кГц) от генератора сигналов подают через конденсатор C_{17} на базу транзистора T_1. При этом переключатель B_1 должен быть в положении СВ, а емкость секций блока КПЕ — соответствовать максимальной. Точность настройки определяют по минимуму показаний индикатора настройки. Затем, подав от ГС сигнал частотой 6,8 МГц, настраивают фильтр ПЧ ЧМ.

После настройки фильтра ПЧ ЧМ к выходу частотного детектора подключают вольтметр постоянного тока и настройкой контура $L_{18}C_{36}$ при минимуме показаний индикатора (в середине полосы пропускания фильтра ЧМ) добиваются нулевого показания вольтметра. При небольшой расстройке в обе стороны по шкале ГС вольтметр должен показывать положительное или отрицательное напряжение, примерно одинаковое по амплитуде для одинаковых расстроек. Частотное расстояние между максимумами показаний вольтметра должно быть примерно 300 кГц, а максимумы — симметрично располагаться относительно нуля. Симметрии характеристики детектора добиваются настройкой контура $L_{16}C_{32}$.

Знаку + выходного напряжения детектора должна соответствовать расстройка выше по частоте, и наоборот. В этом случае АПЧГ будет работать правильно. Если положительному напряжению на выходе детектора соответствует расстройка ниже по частоте, то конденсатор C_{34} необходимо припаять к другому выводу катушки L_{18}, что предусмотрено на монтажной плате.

После настройки трактов ПЧ производят укладку диапазонов СВ и КВ. Для этого сигнал от ГС подводят к петле из жесткого монтажного провода, которую располагают перпендикулярно оси стержня магнитной антенны. Перестраивая приемник несколько раз с низшей частоты каждого поддиапазона на высшую, сердечниками катушек гетеродина и соответствующими подстроечными конденсаторами устанавливают границы диапазонов. При укладке диапазона КВ, особенно на высшей частоте, необходимо следить, чтобы частота гетеродина была выше частоты входного сигнала. Это легко проверяется перестройкой ГС. Сигнал на выходе приемника должен появляться при двух положениях ручки настройки ГС. Правильной является нижняя по частоте настройка.

После укладки границ поддиапазонов АМ производят сопряжение входных и гетеродинных контуров по минимуму показаний индикатора настройки на частотах точного сопряжения 560 и 1400 кГц для СВ и 6,2 и 11,5 МГц для КВ. Подстройку индуктивности катушек входных контуров путем перемещения их по стержню магнитной антенны и емкости подстроечных конденсаторов производят несколько раз, поочередно перестраивая приемник с одной частоты точного сопряжения на другую до получения максимальной чувствительности приемника во всем поддиапазоне.

Укладывая диапазон УКВ, сигнал ГС подают на штыревую антенну через конденсатор емкостью 3—5,1 пФ. При этом систему АПЧГ отключают, замкнув накоротко вывод конденсатора C_{16}. Индуктивность катушки L_{10} изменяют растяжением или сжатием ее витков. Верхнюю границу диапазона устанавливают подстроечным конденсатором C_{15}.

Сопряжение контуров осуществляют аналогичным методом по минимуму показаний индикатора настройки: на частоте 68 МГц — подгонкой индуктивности катушки L_5 и на частоте 72 МГц — подстроечным конденсатором C_{10}. После окончательной настройки контуров УКВ восстанавливают цепь АПЧГ.

ПРИЕМНИК РАДИОКОМПЛЕКСА «КРЫМ»

В последние годы в промышленной и любительской практике наметилась тенденция к конструированию радиокомплексов. Такой подход к созданию бытовой радиоаппаратуры позволяет значительно

упростить конструкцию отдельных блоков (приемника, электропроигрывателя, магнитофона и т. д.), исключив из них УЗЧ, громкоговорители (а в некоторых случаях и блоки питания), и одновременно повысить качество звуковоспроизведения, применив один, но высококачественный УЗЧ и широкополосные громкоговорители. Достоинство радиокомплекса заключается еще и в том, что его блоки можно постепенно заменять более совершенными, модернизировать некоторые из них, не затрагивая при этом конструкции остальных.

Всеволновый приемник, внешний вид которого показан на

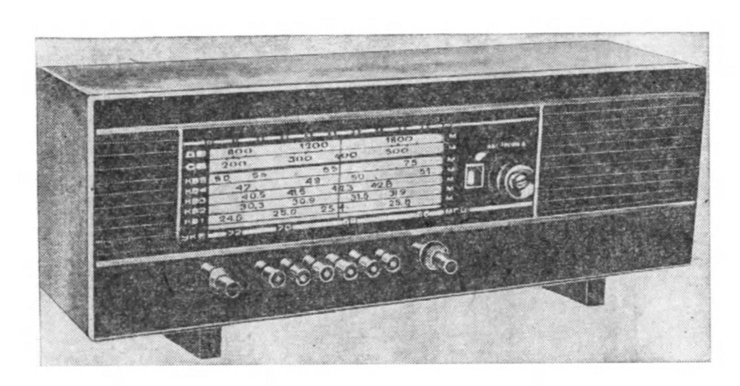


Рис. 23. Внешний вид приемника радиокомплекса.

рис 23, предназначен для радиокомплекса среднего класса. Его, например, можно использовать для совместной работы с электрофонами «Аккорд» или «Вега-101» и магнитофонной приставкой «Нота-303». В этом случае используются УЗЧ и громкоговорители электрофона. Сигнал на вход УЗЧ подается с линейного выхода приемника.

Описываемый приемник радиокомплекса можно также использовать и как самостоятельное устройство, для чего в нем предусмотрены встроенный УЗЧ и малогабаритная головка 4ГД-8Е.

Приемник собран на 18 транзисторах, 7 из которых работают в УЗЧ, рассчитан на прием программ радиовещательных станций в диапазонах: ДВ 2060—732 м (145—410 кГц), СВ 577—185 м (520—1620 кГц), КВI 50,4—48,4 м (5,95—6,2 МГц), КВII 42,2—41,1 м (7,1—7,3 МГц), КВIII 31,6—30,7 м (9,5—9,775 МГц), КВIV 25,6—24,8 м (11,7—12,1 МГц) и УКВ 4,56—4,12 м (65,8—73 МГц).

Для удобства эксплуатации в диапазоне УКВ применена фиксированная настройка на пять радиостанций. В диапазонах ДВ и СВ прием ведется на внутреннюю магнитную антенну, в диапазонах КВ и УКВ — на встроенную штыревую (телескопическую) или наружную антенны.

Номинальная чувствительность приемника при отношении сигнал/шум, равном 20 дБ, в диапазоне УКВ составляет 15, во всех остальных 4 мкВ. В диапазоне УКВ чувствительность измерялась при подаче сигнала на эмиттер транзистора — УВЧ блока УКВ, в других диапазонах — на базу первого транзистора смесительного каскада тракта АМ.

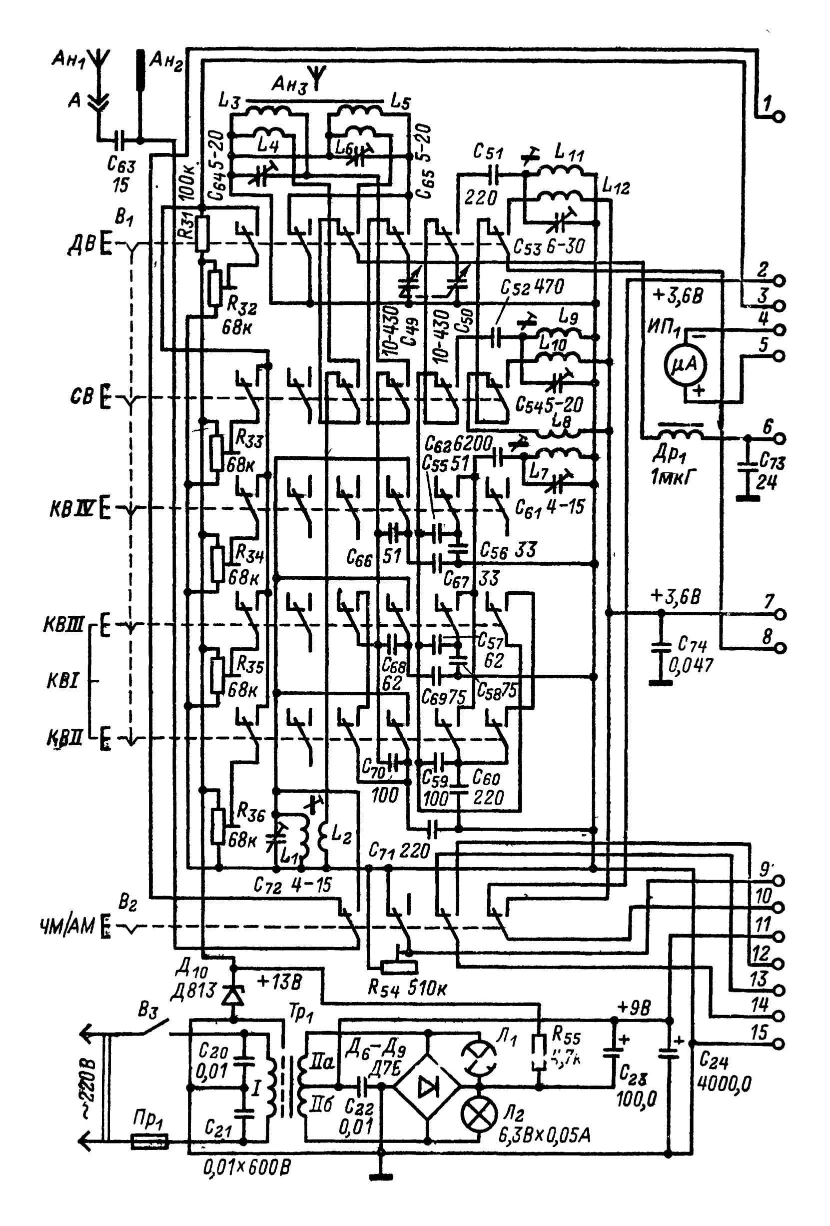
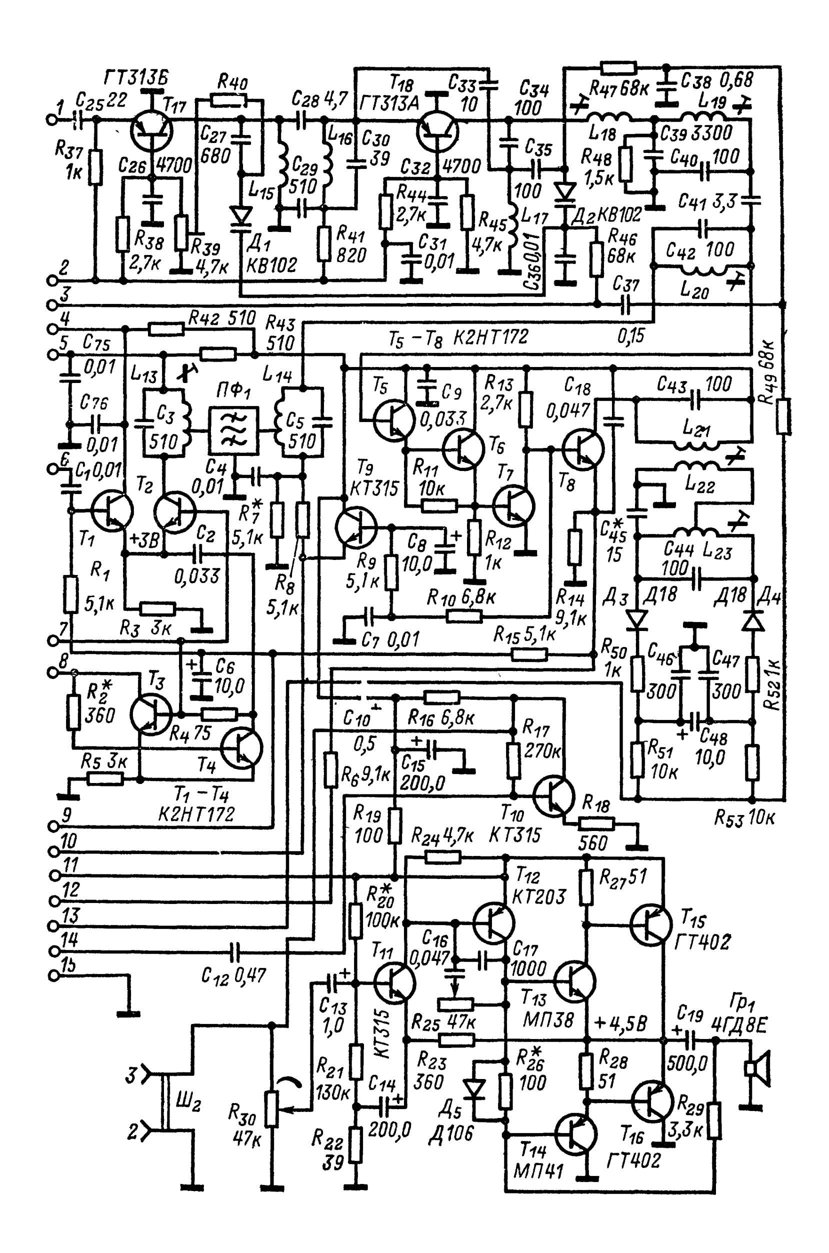


Рис. 24. Принципиальная схема



приемника радиокомплекса.

Промежуточная частота тракта АМ 465 кГц, тракта ЧМ 6,8 МГц. Селективность по соседнему каналу при расстройке ±9 кГц — не менее 46 дБ, по зеркальному каналу — в пределах норм, предъявляемых ГОСТ 5651-76 к радиовещательным приемникам второго класса. Напряжение на линейном выходе приемника при номинальной чувствительности равно 200 мВ. Номинальная выходная мощность встроенного УЗЧ 1 Вт (при коэффициенте нелинейных искажений менее 5%), максимальная 1,7 Вт. Автоматическая регулировка усиления обеспечивает изменение выходного напряжения не более чем на 6 дБ при изменении сигнала на входе на 60 дБ (по отношению к уровню, соответствующему номинальной чувствительности). По остальным параметрам приемник полностью соответствует требованиям стандарта к приемникам второго класса.

Приемник питается от сети переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность — не более 3,5 Вт. Габаритные размеры приемника 420×155×130 мм, масса 2 кг.

Принципиальная схема приемника показана на рис. 24. Во время приема радиостанций диапазонов ДВ, СВ и КВ в работе приемника участвуют смесительный каскад (транзисторы T_1 и T_2), гетеродин (транзисторы T_3, T_4), УПЧ (транзисторы T_5—T_7), детекторный каскад (транзистор T_8) и стабилизатор напряжения (транзистор T_9) питания гетеродина и смещения транзистора T_2 смесителя. В диапазоне УКВ радиоприемный тракт образуют УВЧ T_{17}, преобразователь частоты T_{18}, УПЧ T_5—T_7, усилитель-ограничитель ЧМ колебаний T_8 и детектор отношений на диодах $Д_3$ и $Д_4$.

Переключение приемника из одного режима работы в другой осуществляется переключателем $В_2$ (АМ—ЧМ), которым выход одного из детекторов соединяется с базой транзистора T_{10} предварительного УЗЧ. Усиленный этим транзистором сигнал подводится к разъему $Ш_2$ (линейный выход) и ко входу оконечного усилителя ЗЧ (транзисторы T_{11}—T_{16}). Нагрузкой УЗЧ служит головка $Гр_1$.

При установке переключателя $В_2$ в положение АМ (по схеме — правое) выбранный диапазон включают нажатием соответствующей кнопки (для КВI — двух кнопок переключателя $В_1$).

Входные контуры диапазонов СВ и ДВ состоят соответственно из катушек L_3 и L_5, магнитной антенны $Ан_3$, подстроечных конденсаторов C_{64}, C_{65} и секции C_{49} блока КПЕ, а диапазонов КВ — из катушки L_1 (общей для всех) и конденсаторов C_{66}—C_{72}. Гетеродинные контуры образуют катушки L_{11} (ДВ), L_9 (СВ), L_7 (КВ), конденсаторы C_{51}—C_{60} и секция C_{50} блока КПЕ. Конденсаторы C_{55}—C_{60} и C_{66}—C_{70} используются для «растяжки» радиовещательных участков КВ диапазона. Отклонение их емкостей от указанных на схеме не должно превышать ±5%.

С входного контура принятый сигнал через катушку связи L_2, L_4 или L_6 и конденсатор C_1 поступает на вход смесительного каскада. Фильтр УКВ, выполненный на дросселе $Др_1$ и конденсаторе C_{73}, уменьшает помехи при работе приемника в диапазонах КВ, СВ и ДВ, создаваемые мощными УКВ ЧМ радиостанциями и передатчиками телецентра. Колебания гетеродина поступают в эмиттерные цепи транзисторов смесителя из коллекторной цепи транзистора T_4 через конденсатор C_2. Напряжение смещения транзистора T_1 смесителя снимается с нагрузки детекторного каскада и подается на базу через развязывающий фильтр R_{15}, C_6 (только в режиме АМ), а на базу транзистора T_2 — со стабилизатора напряжения — транзистора T_9. Благодаря дифференциальному включению транзисторов сме-

сителя усиление этого каскада изменяется в очень широких пределах при малых изменениях постоянного напряжения на базе транзистора T_1. Именно этим и объясняется высокая эффективность АРУ, примененной в приемнике. Для индикации настройки на радиостанции применен магнитоэлектрический прибор $ИП_1$, включенный в диагональ моста, образованного транзисторами смесительного каскада и резисторами R_{42}, R_{43} в их коллекторных цепях.

Транзисторы гетеродина тракта АМ питаются от того же стабилизатора напряжения, что и транзисторы смесителя. Достоинством такого гетеродина является упрощение конструкции катушек гетеродинных контуров и коммутации их при переходе с одного диапазона на другой. Однако при использовании СВЧ транзисторов в гетеродине может возникнуть сверхрегенерация, проявляющая себя характерным шипением, сопровождающим радиоприем. Для устранения сверхрегенерации служит резистор R_2, необходимость в котором выявляется при налаживании приемника.

В коллекторную цепь транзистора T_2 смесителя включен комбинированный ФСС, состоящий из пьезокерамического фильтра $Пф_1$ и двух LC-фильтров (вместо этой комбинации можно использовать и обычный трех- или четырехконтурный ФСС). Контур $L_{14}C_5$ вместе с фильтром $L_{20}C_{42}$ тракта ЧМ подключен ко входу двухкаскадного апериодического УПЧ. В его первом каскаде работает составной транзистор T_5T_6, включенный по схеме ОК, во втором — транзистор T_7, включенный по схеме ОЭ. С нагрузочного резистора R_{13} сигнал ПЧ поступает на базу транзистора T_8, включенного по схеме ОК и выполняющего роль детектора. Благодаря такому включению этого транзистора детектор имеет малый коэффициент вносимых им нелинейных искажений. С резистора R_{14}, являющегося нагрузкой детектора, сигнал ЗЧ поступает (через контакты переключателя B_2) на вход первого каскада УЗЧ (транзистор T_{10}). Напряжение АРУ через фильтр $R_{15}C_6$ подается в цепь базы транзистора T_1 смесительного каскада.

Коллектор транзистора T_7 соединен также (через двухзвенный фильтр R_{10}, C_7, R_9, C_8) с базой транзистора T_9, эмиттер которого в свою очередь соединен (через делитель R_8R_7 и катушки L_{14}, L_{20}) с базой транзистора T_5. Другими словами, этот транзистор включен в цепь глубокой ООС, стабилизирующей на необходимом уровне напряжение на эмиттере транзистора T_9. Это напряжение и использовано для питания транзисторов преобразователя частоты во время приема сигналов АМ.

При переходе на диапазон УКВ (B_2 в положении, показанном на схеме) стабилизатор напряжения переключается на питание транзисторов УВЧ (T_{17}) и преобразователя (T_{18}) блока УКВ. Для того чтобы выключить транзистор T_1, не участвующий в работе тракта УКВ, цепь АРУ на выходе фильтра $R_{15}C_6$ замыкается на общий провод питания и напряжение смещения на базе транзистора T_1 становится равным нулю. При этом выключается индикатор настройки $ИП_1$ и изменяется режим работы транзистора T_8, который теперь выполняет роль дополнительного УПЧ и ограничителя ЧМ колебаний.

Входной контур диапазона УКВ образуют индуктивность антенны и проводника, соединяющего ее с эмиттером транзистора T_{17}, включенного по схеме ОБ, конденсатор C_{25} и входная емкость этого транзистора. Контур настроен примерно на среднюю частоту диапазона. В коллекторную цепь транзистора T_{17} включен перестраивае-

мый колебательный контур, состоящий из катушки L_{15}, конденсатора C_{27} и варикапа $Д_1$. Емкость варикапа можно изменять подстроечными резисторами R_{32}—R_{36}, подключенными к источнику стабилизированного напряжения, выполненного на стабилитроне $Д_{10}$.

Напряжение ВЧ с контура $L_{15}C_{27}Д_1$ подается на эмиттер транзистора T_{18}, выполняющего одновременно функции смесителя и гетеродина с емкостной (конденсаторы C_{33}, C_{30}) обратной связью. Контур гетеродина образуют катушка L_{17}, конденсатор C_{35} и варикап $Д_2$. Изменение емкости варикапа при переходе с одной фиксированной настройки на другую осуществляется теми же подстроечными резисторами (R_{32}—R_{36}), что и во входном контуре. Таким образом, переключатель $Б_1$, который в режиме АМ был переключателем диапазонов ДВ, СВ и КВ, в режиме ЧМ выполняет роль переключателя фиксированных программ УКВ диапазона.

На варикап $Д_2$ кроме постоянного напряжения, изменяющего его емкость, подается еще (через фильтр $R_{49}C_{38}$) напряжение АПЧГ с выхода частотного детектора.

Сопряжение настроек контуров диапазона УКВ осуществляется подстроечным резистором R_{39}. Конденсатором C_{37} совместно с резистором R_{31} создается колебательный процесс в цепи АПЧГ при переключении с одной радиостанции на другую, благодаря чему осуществляется поиск радиостанций, необходимый из-за возможной со временем небольшой расстройки гетеродина.

Фильтр сосредоточенной селекции L_{18}, C_{34}, C_{39}, L_{19}, C_{40}, C_{41}, L_{20}, C_{42}, настроенный на промежуточную частоту 6,8 МГц, включен в коллекторную цепь транзистора T_{18}. Для устранения возможности попадания на вход преобразовательного каскада колебаний с частотой, равной промежуточной, в цепь эмиттера этого транзистора включен последовательный колебательный контур $L_{16}C_{29}$, настроенный на ту же промежуточную частоту.

Напряжение ПЧ с контура $L_{20}C_{42}$ ФСС поступает на вход УПЧ, в который теперь входит и транзистор T_8. В его коллекторную цепь включен двухконтурный полосовой фильтр $L_{21}C_{43}$, $L_{22}L_{23}C_{44}$ (фазосдвигающий трансформатор), настроенный на промежуточную частоту.

Напряжение звуковой частоты с выхода частотного детектора, выполненного на диодах $Д_3$ и $Д_4$, или АМ детектора (в зависимости от положения переключателя B_2) подается на базу транзистора T_{10}, работающего в первом каскаде УЗЧ. Режим этого транзистора выбран так, чтобы обеспечить неискаженное усиление сигнала, превышающее номинальное напряжение на выходе детектора в 7—10 раз. Это позволило включить регулятор громкости R_{30} после этого каскада, что улучшило отношение сигнал/шум при малой громкости и одновременно увеличило напряжение колебаний звуковой частоты на линейном выходе.

Второй каскад УЗЧ, собранный на транзисторе T_{11}, помимо своей основной функции выполняет еще и роль автоматического регулятора режима работы транзисторов оконечного каскада. С коллектора транзистора T_{11} напряжение сигнала поступает на базу транзистора T_{12}. Оконечный каскад усилителя выполнен по обычной схеме на транзисторах T_{13}—T_{16}. Усилитель охвачен ООС по переменному и постоянному току, напряжение которой с выхода усилителя (коллектора транзистора T_{15}) через резистор R_{23} подается в цепь эмиттера транзистора T_{11}. Глубина ООС по переменному току определяется электрическими данными делителя напряжения $R_{23}R_{22}$ и

конденсатора C_{14}. Регулировка тембра по высшим частотам осуществляется переменным резистором R_{25}.

Блок питания приемника состоит из трансформатора Tp_1, двухполупериодного выпрямителя на диодах $Д_6$—$Д_9$ и стабилизатора напряжения (стабилитрон $Д_{10}$ и резистор R_{55}), подаваемого на варикапы. Усилители промежуточной и звуковой частот питаются нестабилизированным напряжением 9 В. Для уменьшения помех, проникающих из сети, первичная обмотка трансформатора питания зашунтирована конденсаторами C_{20}, C_{21}, точка соединения которых

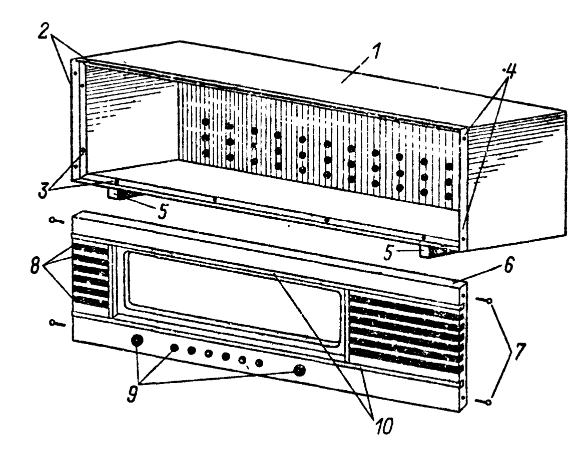


Рис. 25. Конструкция корпуса приемника.

подключена к общему проводу приемника. Этой же цели служит и конденсатор C_{22}.

Конструкция и детали. Приемник собран в лакированном корпусе из ценной породы дерева (бук) со съемной передней стенкой (рис. 25). К корпусу *1* мелкими шурупами *3* привернуты полированные дюралевые угольники *2*, образующие декоративную обечайку, в которую вставляется передняя стенка *6*, крепящаяся в обечайке четырьмя шпильками *7*, входящими в отверстия в обечайке *4*. Снизу к корпусу шурупами прикреплены деревянные ножки *5*. В задней стенке корпуса просверлены отверстия.

Передняя стенка выпилена из толстой (8—10 мм) фанеры. Ее лицевая сторона оклеена шпоном из ценной породы древесины (можно имитировать структуру дерева). Эта сторона профрезерована на половину толщины фанеры пазами *8*. В середине сделан вырез для шкалы. В верхний и нижний пазы вставляются полированные дюралюминиевые накладки, удерживающие шкалу *10*. С внутренней стороны передней стенки на половину ее толщины профрезеровано круглое отверстие под динамическую головку. Внизу просверлены отверстия *9* под оси переменных резисторов (регуляторы громкости и тембра) и кнопки переключателя диапазонов.

Размещение основных узлов и деталей приемника в корпусе и устройство привода шкалы показаны на рис. 26. К передней стенке *1*

приклеены фанерные планки *2* с пропущенными через них винтами *3*. С помощью четырех таких винтов на передней стенке удерживается подшкальник *4*, играющий одновременно роль несущего шасси. На подшкальнике с помощью стоек *5* винтами *15* укреплены блок КПЕ *7* и монтажная плата *6*.

Под блоком КПЕ находится переключатель диапазонов, на котором укреплена пластинка из стеклотекстолита с размещенными на ней гетеродинными катушками диапазонов ДВ, СВ и КВ. Над блоком КПЕ с помощью пластмассового держателя крепят магнитную антенну (на рис. 26 не показано).

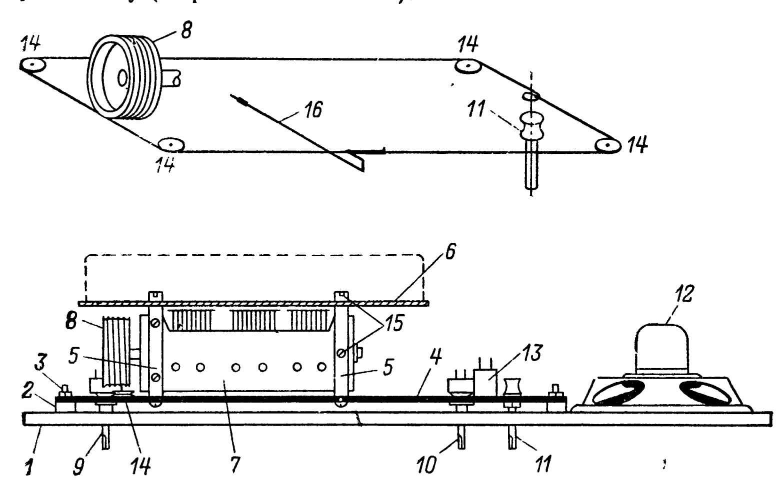


Рис. 26. Размещение деталей в корпусе приемника.

Рядом с кнопочным переключателем диапазонов симметрично по обе стороны от него находятся регулятор громкости *9* и регулятор тембра *10* с выключателем питания. Ось привода настройки *11* укреплена на подшкальнике в месте, соответствующем отверстию под нее на шкале. Рядом с ней размещен индикатор настройки *13*. На подшкальнике же находятся и ролики *14* привода шкалы, несущие капроновую нить *8* со стрелкой-указателем *16*. Рядом с подшкальником на передней стенке корпуса укреплена динамическая головка *12*.

Печатная плата (рис. 27) выполнена из фольгированного стеклотекстолита (или гетинакса) толщиной 1,5 мм. Здесь предполагается, что роль транзисторов T_1—T_8 будут выполнять микросборки К2НТ172. Монтаж УКВ части приемника закрывается экраном из луженой латуни или жести со съемной крышкой. Границы экрана на рис. 27 обозначены штриховыми линиями. На плате экран крепят пайкой по углам.

Разъем $Ш_1$ (унифицированная розетка СГ-3) и штыревую телескопическую антенну (от радиоприемника «Рига-302») размещают на задней стенке корпуса. Через нее же выводится сетевой провод питания.

Таблица 3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1 L_2	10 3	ПЭЛШО 0,2 ПЭЛШО 0,1	М100НН-2СС, 2,8×12 мм	Каркас ∅ 6 мм
L_3 L_4 L_5 L_6	55 6 180 15	ЛЭШО 10××0,07 ПЭЛШО 0,15 ПЭВ-2 0,1 ПЭВ-2 0,1	М400НН, 8×160 мм	Магнитная антенна
L_7 L_8	9 4	ПЭЛШО 0,2 ПЭЛШО 0,1	М100НН-2СС, 2,8×12 мм	Каркас ∅ 6 мм
L_9 L_{10}	26×4 15	ЛЭ×0,06 ПЭЛШО 0,1	Ч5М600НН	—
L_{11} L_{12}	40×4 25	ЛЭ 3×0,06 ПЭЛШО 0,1	М600НН-3СС, 2,8×12 мм	—
L_{13}, L_{14}	33×3	ЛЭ 5×0,06	Ч5М600НН	Отвод от 14 витка
L_{15}	4	ПЭВ-2 0,8	—	Без каркаса, ∅ 6 мм
L_{16}	20	ПЭШО 0,1	—	На резисторе ОМЛТ-0,5 100 кОм
L_{17}	4	ПЭВ-2 0,8	—	Без каркаса, ∅ 6 мм, внутри поролон
L_{18} — L_{20} L_{21} L_{22}	18 18 9	ПЭШО 0,15 ПЭШО 0,15 ПЭШО 0,15	Ч5М600НН Ч5М600НН	—
L_{23}	9×2	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	
Др1	10	ПЭВ-2 0,25	М100НН-2СС, 2,8×12 мм	Намотка на сердечнике

Блок питания, представляющий собой самостоятельную конструкцию, укреплен непосредственно в корпусе приемника.

Во всех каскадах приемника, кроме блока УКВ и выходного каскада УЗЧ, наряду с указанными на схеме можно использовать любые высокочастотные кремниевые транзисторы с граничной частотой не менее 60 МГц и статическим коэффициентом передачи тока не менее 20, например КТ315, КТ316, КТ342. Транзистор T_{12} — КТ326, КТ337, КТ202. В приемнике применен кнопочный переключатель П2-К с пятью зависимыми (B_1) и одной независимой (B_2) кнопками.

Намоточные данные всех катушек и дросселя $Др_1$ приведены в табл. 3. Пьезокерамический фильтр $ПФ_1$ — ФП1П-024. Можно также использовать пьезокерамические фильтры ФП1П-015 — ФП1П-027, а если и их нет, то LC-фильтр сосредоточенной селекции по схеме, показанной на рис. 28.

Данные катушек ФСС такие же, как катушек L_{13} и L_{14} (см. табл. 3), но без отводов.

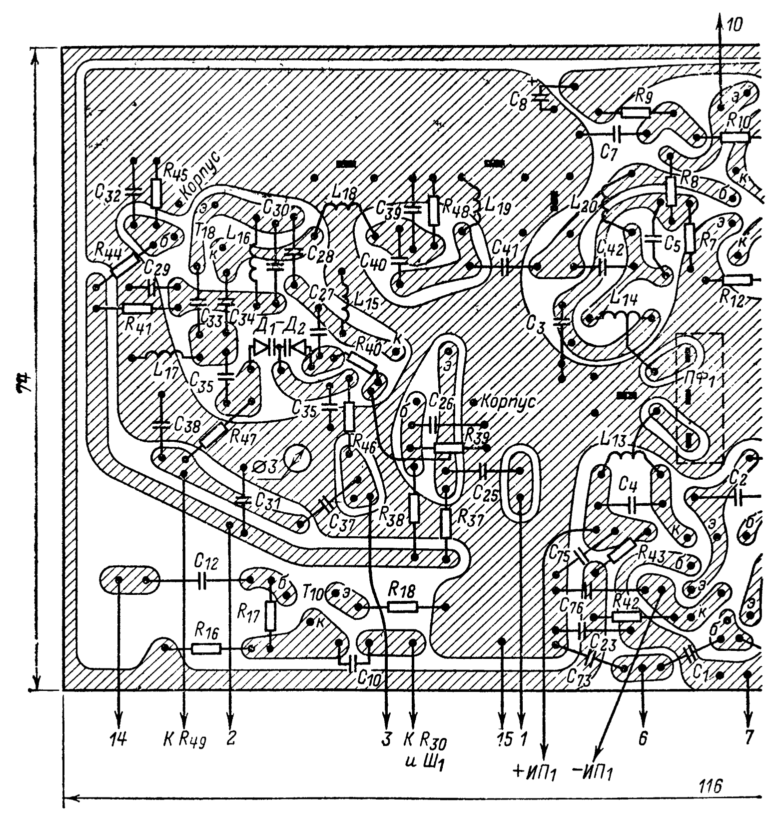
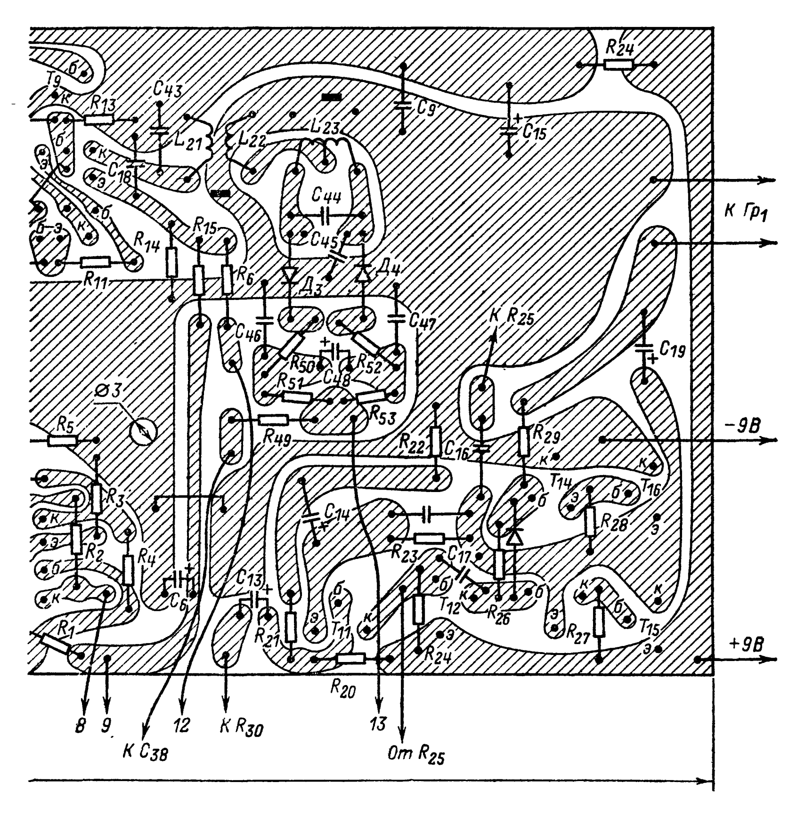


Рис. 27. Печатная плата

Диоды $Д_6$—$Д_9$ блока питания — любые выпрямительные с допустимым обратным напряжением не менее 30 В, диоды частотного детектора — Д18, Д20, Д9 с любыми буквенными индексами, варикапы $Д_1$ и $Д_2$ — любые из серии Д901, КВ102.

Трансформатор питания намотан на магнитопроводе из пластин УШ16, толщина набора 24 мм. Первичная обмотка содержит 3000 витков провода ПЭВ-2 0,13, вторичная — 95+95 витков провода ПЭВ-2 0,59. Электростатический экран представляет собой незамкнутый слой провода ПЭВ-2 0,13, изолированный от первичной и вторичной обмоток прокладками из кабельной бумаги.

Налаживание приемника начинают с УЗЧ. Напряжение в точке симметрии (на коллекторе транзистора T_{15}), равное половине напряжения источника питания, устанавливают подбором резистора R_{20}. Далее, поворачивая движок подстроечного резистора R_{54}, устанавливают стрелку индикатора настройки $ИП_1$ на нулевую отметку шкалы. При этом коллекторные токи транзисторов T_1 и T_2 должны быть одинаковыми и равными примерно 0,5 мА. Если добиться этого не



и соединение деталей.

удастся, придется поменять местами транзисторы T_1 и T_2 и вновь попытаться установить стрелку индикатора на нуль. После этого настраивают контуры $L_{13}C_3$ и $L_{14}C_5$ на середину полосы пропускания фильтра $Пф_1$ и сопрягают настройки контуров СВ и ДВ диапазонов. Частоты точного сопряжения в диапазоне ДВ 160 и 400 кГц, в диапазоне СВ 560 и 1400 кГц.

Настройку контуров КВ диапазона начинают с поддиапазона КВI. Для этого одновременно нажимают две кнопки переключателя $В_1$ — КВII и КВIII, устанавливают роторы блока КПЕ в положение максимальной емкости и подают на гнездо внешней антенны приемника АМ колебания частотой 5,9 МГц. Вращая подстроечный сердечник катушки L_7, настраивают приемник на эту частоту. Затем приемник

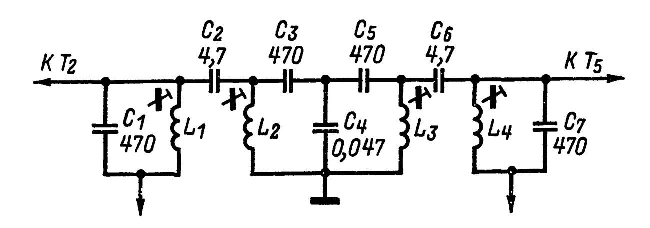


Рис. 28. Принципиальная схема LC-фильтра.

переключают на поддиапазон КВIV и, установив ротор блока КПЕ в положение, соответствующее минимальной емкости, настраивают приемник на частоту 12,1 МГц только подстроечным конденсатором C_{61}. При этом следят за тем, чтобы частота гетеродина была выше частоты входного сигнала. Если емкости конденсаторов C_{55}—C_{60} соответствуют указанным на схеме, то после такой настройки укладка поддиапазонов КВII и КВIII по частоте не потребуется. Однако если это не получится, указанные конденсаторы придется подбирать заново.

Входные контуры настраивают в таком же порядке — вначале диапазона КВI, а затем КВIV, подгоняя соответственно индуктивность катушки L_1 и емкость подстроечного конденсатора C_{72}.

Далее переключатель $В_2$ переводят в положение ЧМ и подбором резистора R_7 устанавливают на эмиттере транзистора T_9 напряжение, равное 3,6 В. Затем на базу транзистора T_5 через конденсатор емкостью 0,01—0,015 мкФ подают от ГС сигнал частотой 6,8 МГц напряжением 1—2 мВ, а параллельно конденсатору C_{48} подключают вольтметр постоянного тока. Контур $L_{21}C_{43}$ настраивают по максимуму постоянного напряжения на конденсаторе C_{48}, после чего вольтметр подключают к выходу частотного детектора и на ту же частоту настраивают контур $L_{23}C_{44}$. При точной настройке стрелка вольтметра должна установиться на нулевую отметку шкалы.

Укладку УКВ диапазона проще всего выполнить с помощью ГС. Настроив его на частоту 73 МГц, нажимают одну из кнопок переключателя диапазонов $В_1$ и соответствующим ей подстроечным резистором R_{32}—R_{36} устанавливают на варикапах $Д_1$ и $Д_2$ напряжение 12,5—13 В. После этого изменением расстояния между витками катушки L_{17} настраивают приемник на частоту 73 МГц, а затем, изме-

няя таким же способом индуктивность катушки L_{15}, на эту же частоту настраивают контур $L_{15}Д_1$ УВЧ. Далее изменением напряжения на варикапах приемник перестраивают на частоту 65,8 МГц (на эту частоту должен быть перестроен и генератор) и вновь сопрягают настройки контура УВЧ и гетеродина, но теперь частоту контура УВЧ изменяют подстроечным резистором R_{39}. Эти операции следует повторить несколько раз до получения точного сопряжения настроек на концах диапазона.

Тракт УКВ можно настроить и по сигналам радиовещательных станций. Для этого к приемнику подключают наружную антенну (например, телевизионную), нажимают одну из кнопок переключателя B_1 (ДВ), движок подстроечного резистора R_{39} устанавливают в среднее положение и с помощью соответствующего подстроечного резистора (в данном случае R_{32}) устанавливают на варикапах напряжение, равное 5 В. Изменяя индуктивность катушки L_{17}, настраивают приемник на радиостанцию, работающую на самой низкой частоте диапазона. После этого наружную антенну отключают и, изменяя индуктивность катушки L_{15}, настраивают контур УВЧ по максимальной громкости приема сигналов станции. Затем, изменяя напряжение на варикапах (подстроечным резистором R_{32}), настраивают приемник на радиостанцию, работающую на высокочастотном участке диапазона, еще раз уточняют (по максимальной громкости) настройку контура УВЧ, снова перестраивают приемник на радиостанцию низкочастотного участка диапазона и подстраивают контур УВЧ изменением емкости варикапа $Д_1$ подстроечным резистором R_{39}. Все операции по настройке УКВ диапазона необходимо проводить при выключенной АПЧ, для чего достаточно замкнуть накоротко конденсатор C_{38} проволочной перемычкой.

Закончив укладку диапазона УКВ, приемник настраивают на уверенно принимаемые в данной местности радиостанции и включают систему АПЧ. При неправильной работе этой системы (вместо «захвата» происходит как бы «выталкивание» радиостанции) конденсатор C_{45} следует подключить к другому выводу катушки L_{23}. Емкость этого конденсатора подбирают при настройке частотного детектора по форме S-кривой, которая должна быть линейна в пределах расстройки относительно средней частоты на ± 150 кГц.

В приемнике применена система автоматического поиска УКВ радиостанции вблизи номинального значения настройки. Она состоит из резистора R_{31} и конденсатора C_{37}, подключенного к конденсатору C_{38} фильтра АПЧ.

При нажатии на любую из кнопок контакты, через которые подается напряжение настройки, на время переключения разрываются. За это время (несколько миллисекунд) соединенные последовательно конденсаторы C_{37} и C_{38} заряжаются через резистор R_{31} почти до полного напряжения настройки (13 В). Из-за различной емкости конденсаторов и подключения цепей смещения варикапа $Д_2$ только к конденсатору C_{37} при замыкании контактов кнопки настройки происходит перераспределение зарядов, выражающееся в колебании напряжения, подводимого к варикапу. Благодаря колебанию напряжения настройки около необходимого значения в какой-то момент это напряжение будет соответствовать напряжению точной настройки, что обеспечит захват в системе АПЧГ.

Наличие такого простейшего генератора поиска существенно повышает надежность фиксированных настроек и устраняет влияние на настройку температурной нестабильности гетеродина. При медлен-

ном нажатии кнопки настройки диапазон поиска расширяется, так как конденсаторы успевают заряжаться до более высокого напряжения.

МИНИАТЮРНЫЕ ПРИЕМНИКИ С НИЗКОВОЛЬТНЫМ ПИТАНИЕМ

Миниатюрный приемник с питанием от батареи напряжением 4,5 В. Этот супергетеродин, смонтированный в корпусе промышленного приемника «Алмаз-401», рассчитан на прием программ радиовещательных станций диапазонов СВ (525—1605 кГц) и КВ (5,7—7,5 МГц). Питание осуществляется от трех элементов 316, соединенных последовательно. Селективность приемника и чувствительность не ниже, чем у промышленных малогабаритных приемников, а действие АРУ значительно эффективнее: при изменении входного сигнала на 80 дБ уровень сигнала на выходе изменяется не более чем на 6 дБ. Номинальная выходная мощность при коэффициенте гармоник менее 5% составляет 60 мВт. Ток покоя не превышает 4,5 мА.

Особенностью приемника является кольцевая система стабилизации режимов работы транзисторов разной структуры. Это обеспечивает приемнику работоспособность при снижении напряжения батарей до 2 В.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 29. Входной контур диапазона СВ образуют катушка L_5 магнитной антенны $Ан_1$ и конденсаторы C_1 (секция блока КПЕ) и C_5, контур диапазона КВ — катушка L_1 и конденсаторы C_1, C_4, C_8. Принятый сигнал через катушку связи L_6 или L_2 поступает на базы транзисторов T_1 и T_2. Последовательно с катушками L_6 и L_2 соединены катушки L_3 и L_4 контуров гетеродина. Эмиттеры транзисторов T_1 и T_2 через контакты переключателя $B_{1г}$ подключаются к отводам катушек связи этих контуров. Таким образом, оба транзистора преобразовательного каскада работают в его гетеродине.

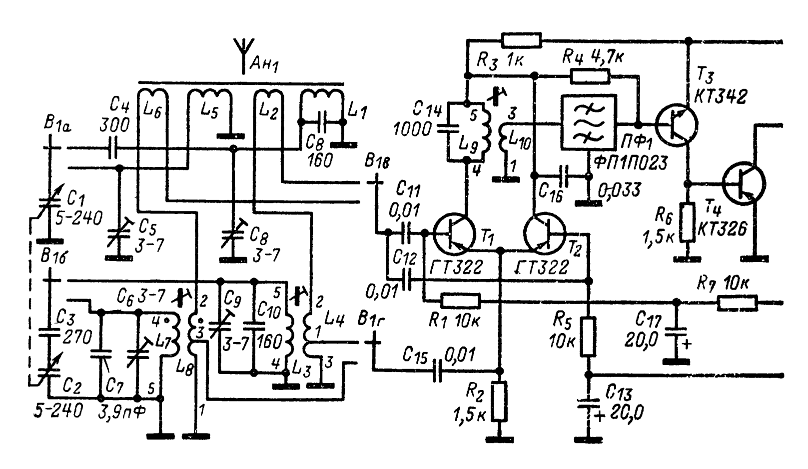


Рис. 29. Принципиальная

При слабом входном сигнале транзистор T_2 закрыт и в преобразователе частоты с совмещенным гетеродином работает транзистор T_1. По мере увеличения входного сигнала благодаря действию АРУ транзистор T_1 закрывается, одновременно увеличивая ток через транзистор T_2, который в это время начинает частично выполнять функцию гетеродина. При очень сильном сигнале транзистор T_1 практически полностью закрыт и в гетеродине работает только транзистор T_2. Благодаря тому что частота входного сигнала не совпадает с промежуточной, прямое прохождение сигнала через проходную емкость транзистора T_1 исключено и глубина регулировки усиления преобразовательного каскада очень велика.

Для предотвращения генерации каскада на частотах, близких к промежуточной, транзистор T_1 (а для идентичности характеристик и транзистор T_2) выбран с малой проходной емкостью — ГТ322. Идентичность характеристик транзисторов T_1 и T_2 необходима для предотвращения ухода частоты гетеродина при перераспределении их коллекторных токов под действием АРУ. По этой же причине суммарный ток коллекторов этих транзисторов жестко стабилизируется стабилизатором, выполненным на транзисторах T_3 и T_4, работающих одновременно в каскадах усиления ПЧ. Для этого транзисторы T_1—T_4 связаны между собой по постоянному току. Возможные изменения суммарного тока коллекторов T_1 и T_2 вызывают соответствующее изменение напряжения на резисторе R_3 в коллекторных цепях, которое усиливается транзисторами T_3 и T_4, подводится к базе транзистора T_2 и через нагрузку детекторного каскада и фильтр АРУ к базе транзистора T_1. Коэффициент усиления каскада на транзисторах около 1000, примерно во столько же раз уменьшаются возможные изменения режима транзисторов T_1 и T_2. При работе АРУ суммарный ток транзисторов этого каскада остается практически неизменным, что и обеспечивает стабильность частоты гетеродина.

Напряжение промежуточной частоты через фильтр ПЧ, состоящий из согласующего контура $C_{14}L_9$ и пьезокерамического фильтра $ПФ_1$, подается на базу транзистора T_3. Усиленное напряжение сни-

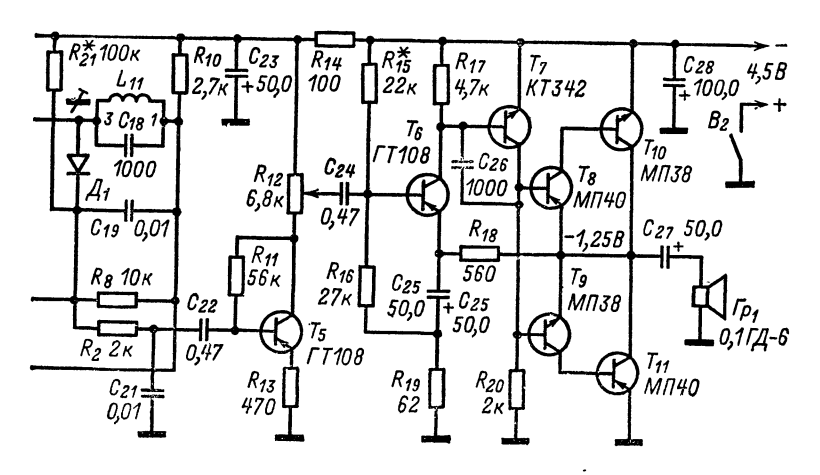


схема приемника.

мается с нагрузочного резистора R_6 и подводится к базе транзистора T_4, в коллекторную цепь которого включен контур $L_{11}C_{18}$. Выделенное этим контуром напряжение ПЧ детектируется диодом $Д_1$. С резистора R_8, являющегося нагрузкой детекторного каскада, напряжение постоянной составляющей, пропорциональное входному сигналу, через фильтр R_7C_{17} АРУ подается на базу транзистора T_1, а напряжение звуковой частоты — через разделительный конденсатор C_{22} на базу транзистора T_5 предварительного УЗЧ. Так как уровень напряжения звуковой частоты на входе транзистора T_5 благодаря АРУ изменяется в небольших пределах, регулятор громкости включен после этого каскада. Максимальное напряжение сигнала звуковой частоты достигает 30—50 мВ, поэтому для уменьшения искажений каскад охвачен ООС по напряжению (R_{11}) и току (R_{13}), которая одновременно обеспечивает стабилизацию режима работы транзистора T_5. Резистор R_{21} служит для установления порога срабатывания АРУ.

Переменный резистор R_{12}, являющийся нагрузкой транзистора T_5, выполняет роль регулятора громкости. С его движка сигнал звуковой частоты через разделительный конденсатор C_{24} поступает на базу транзистора T_6, а с его коллектора — непосредственно на базу транзистора T_7, работающего на предвыходной каскад УЗЧ на транзисторах T_8 и T_9. В выходном каскаде работают транзисторы T_{10} и T_{11} в режиме В.

Для уменьшения искажений предвыходной и выходной каскады УЗЧ охвачены глубокой отрицательной частотнонезависимой обратной связью, напряжение которой с выхода УЗЧ подается на эмиттер транзистора T_6. Конденсатор C_{26} в цепи ООС между коллектором и базой транзистора T_7 сужает полосу пропускания частот усилителя мощности, выполненного на низкочастотных транзисторах, и уменьшает динамические искажения сигналов.

Транзисторы T_{10} и T_{11} двухтактного выходного каскада включены так, чтобы искажения типа ступеньки были минимальными. При включении транзисторов по схеме ОК уровень этих искажений удваивается. Малое напряжение насыщения транзисторов при таком их включении обеспечивает сравнительно большую для выбранного напряжения источника питания максимальную выходную мощность, которая на головке со звуковой катушкой 10 Ом достигает 120 мВт.

Детали приемника смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (или гетинакса) толщиной 1,5 мм (рис. 30). Из-за малых размеров приемника вносить существенные изменения в расположение деталей на плате не рекомендуется, так как могут возникнуть паразитные связи, приводящие к неустойчивой работе приемника. Это особенно относится к монтажу детекторного каскада, диод $Д_1$ которого должен быть установлен вертикально так, чтобы вывод его анода был возможно короче. В противном случае возможно возникновение паразитной генерации на частотах диапазона СВ, кратных промежуточной частоте.

Шкально-верньерное устройство такое же, как в приемнике «Алмаз-401». Батарейный отсек корпуса переделан в соответствии с таким расчетом, чтобы в нем поместились три элемента 316.

Намоточные данные катушек приведены в табл. 4. Добротность катушки входного контура диапазона КВ при намотке ее на стержне из феррита М400НН не превышает 30, однако чувствительность приемника такова, что и с малоэффективной антенной возможен уверенный прием дальних мощных радиостанций.

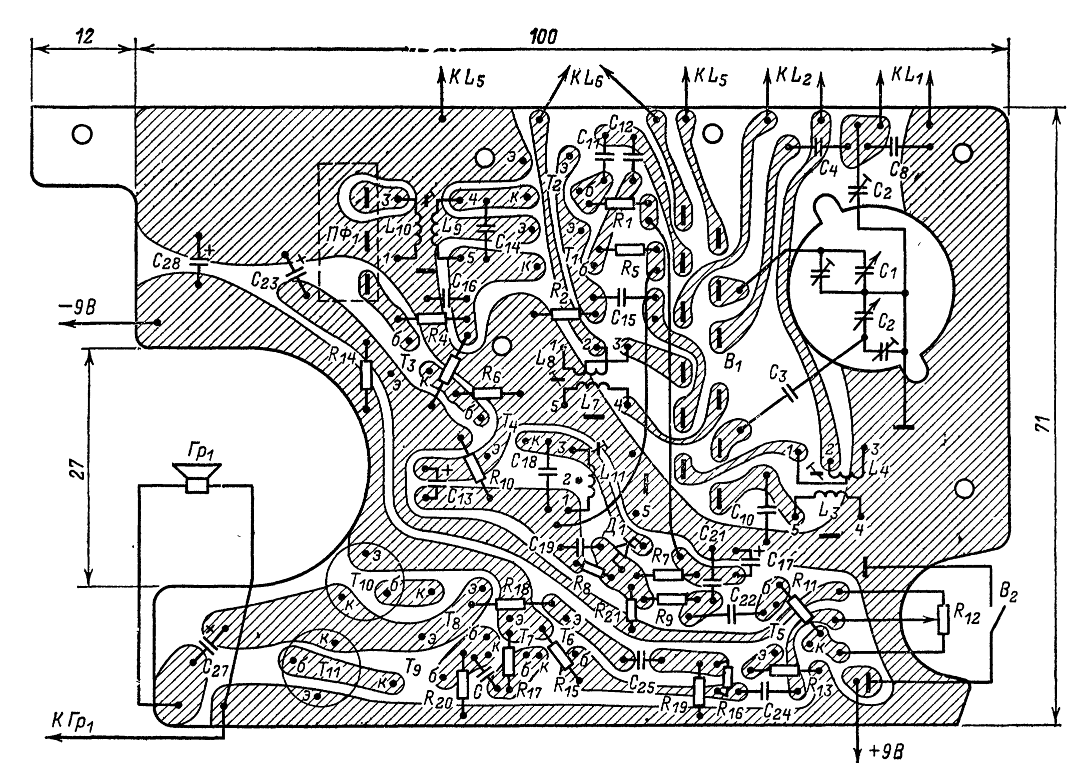


Рис. 30. Печатная плата и соединение деталей.

Налаживание приемника начинают с подбора резистора R_{15}. Его сопротивление должно быть таково, чтобы на коллекторах транзисторов T_{10} и T_{11} было напряжение, равное точно половине измеренного напряжения питающей батареи. Затем с помощью ГС, подключенного к катушке связи L_6 при включенном диапазоне СВ, настраивают контуры L_9C_{14} и $L_{11}C_{18}$ на середину полосы пропускания пьезокерамического фильтра $ПФ_1$. После этого подбирают резистор R_{21} так, чтобы АРУ не уменьшала чувствительности приемника при минимальном входном сигнале. Затем устанавливают граничные частоты каждого из диапазонов: на низкочастотном участке — сердечниками катушек, на высокочастотном — подстроечными конденсаторами. При этом сигнал ГС подают на виток связи, расположенный в плоскости, перпендикулярной оси стержня магнитной антенны. Подавать сигнал ГС на базы транзисторов T_1 и T_2 нельзя, так как при этом срывается генерация гетеродина.

После укладки границ диапазонов сопрягают настройки входных контуров: в диапазоне СВ — на частотах 560 и 1400 кГц, в диапазоне КВ — на частотах 5,9 и 7,2 МГц. Так как система АРУ не позволяет определить момент точной настройки входного контура, индикатором настройки может быть вольтметр, включенный для измерения напряжения на конденсаторе C_{13}. Для подстройки входного контура КВ диапазона его катушку перемещают по стержню магнитной антенны и, если надо, сближают или раздвигают ее витки.

По окончании подстройки входных контуров их катушки закрепляют на стержне магнитной антенны каплями воска или парафина с небольшой примесью канифоли.

Таблица 4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1 L_2 L_5 L_6	5 2 68 10	ПЭВ-2 0,41 ПЭВ-2 0,12 ЛЭ7×0,07 ПЛШО 0,1	М400НН, 115×20×3	Магнитная антенна приемника «Алмаз-401»
L_3 L_4	16 1,5+4	ПЭВ-2 0,35 ПЭВ-2 0,12	45М600НН	Подстроечный сердечник М100ВЧ Ø 2,8 мм
L_7 L_8	30×3 3,5+5	ЛЭ5×0,06 ПЕВ-2 0,12	45М600НН	Со своим подстроечником
L_9 L_{10}	28×3 8×2	ЛЭ5×0,06 ПЭВ-2 0,12	45М600НН	Со своим подстроечником
L_{11}	28×3	ПЭВ-2 0,12	45М600НН	Со своим подстроечником

Миниатюрный приемник с питанием от батареи напряжением 3 В. Принципиальная схема этого приемника показана на рис. 31. Он, как и предыдущий приемник, рассчитан на прием программ радиостанций диапазонов СВ (525—1605 кГц) и КВ (5,8—16 МГц). В приемнике предусмотрена возможность растяжки любого из радиовещательных или любительских участков КВ диапазонов (20, 25, 31, 40, 41 и 49 м) в пределах ±200 кГц.

Приемник выполнен по супергетеродинной схеме с одним преобразованием частоты в диапазоне СВ и двумя преобразованиями частоты в диапазоне КВ. В диапазоне КВ используется фиксированная частота настройки первого гетеродина.

Чувствительность приемника с базы транзистора T_1 или T_2 — не менее 2,5 мкВ. Селективность по соседнему каналу — не менее 30, по зеркальному каналу — не ниже 26 дБ. Автоматическая регулировка усиления обеспечивает изменение выходного напряжения не более чем на 6 дБ при изменении входного сигнала на 80 дБ.

Полоса воспроизводимых звуковых частот 450—3000 Гц.

Номинальная выходная мощность УЗЧ приемника 50 мВт (при коэффициенте гармоник не более 5%).

Источником питания служат два элемента 316 общим напряжением 3 В, ток покоя — не более 6 мА. Приемник сохраняет работоспособность при разряде батареи до напряжения 1,6 В.

Габариты приемника 115×72×34 мм, масса 300 г.

При работе в диапазоне СВ сигнал радиостанции, на частоту которой настроен контур $L_4C_8C_9$ магнитной антенны $Ан_1$, через катушку связи L_5 поступает на базу транзистора T_2, работающего в преобразователе частоты с совмещенным гетеродином. Транзистор T_3 используется в системе АРУ.

Ось блока конденсаторов переменной емкости C_3 и C_7 сопряжена с переключателем диапазонов B_1. В положении максимальной емкости конденсаторов этого блока контакты *1* и *2* переключателя замыкают накоротко контур L_7C_{12} и в цепь базы транзистора T_2 оказывается включенной только катушка связи L_5 диапазона СВ. Влияние настройки контура $L_2C_2C_3$ КВ диапазона на избирательные свойства входной цепи диапазона СВ исключается благодаря размещению катушек L_2 и L_4 на противоположных концах стержня магнитной антенны и настройке этого контура на частоту, находящуюся за пределами частот зеркального и комбинационных каналов.

Контур гетеродина, образованный катушкой L_8 и конденсаторами C_{14}, C_{15}, C_{16}, связан с общей цепью эмиттеров транзисторов T_2, T_3 и через катушку обратной связи L_9 включен в коллекторные цепи этих транзисторов. При малом уровне входного сигнала транзистор T_3 закрыт и в работе преобразовательного каскада не участвует. Работает только транзистор T_2, в коллекторную цепь которого кроме катушки обратной связи L_9 включен еще контур $L_{10}C_{22}$, настроенный на промежуточную частоту 465 кГц.

С контура $L_{10}C_{22}$ сигнал промежуточной частоты через катушку связи L_{11} поступает на вход пьезокерамического фильтра $ПФ_1$, а с его выхода — на базу транзистора T_4 первого каскада УПЧ. В коллекторную цепь транзистора T_5 второго каскада УПЧ включены контур $L_{12}C_{27}$ и развязывающий фильтр $R_{30}C_{29}$, а параллельно контуру — детекторный каскад. Роль нагрузки детектора выполняет резистор R_{29}, заблокированный по ПЧ конденсатором C_{28}.

Все транзисторы тракта ВЧ по постоянному току охвачены кольцевой системой стабилизации режимов их работы. С этой целью

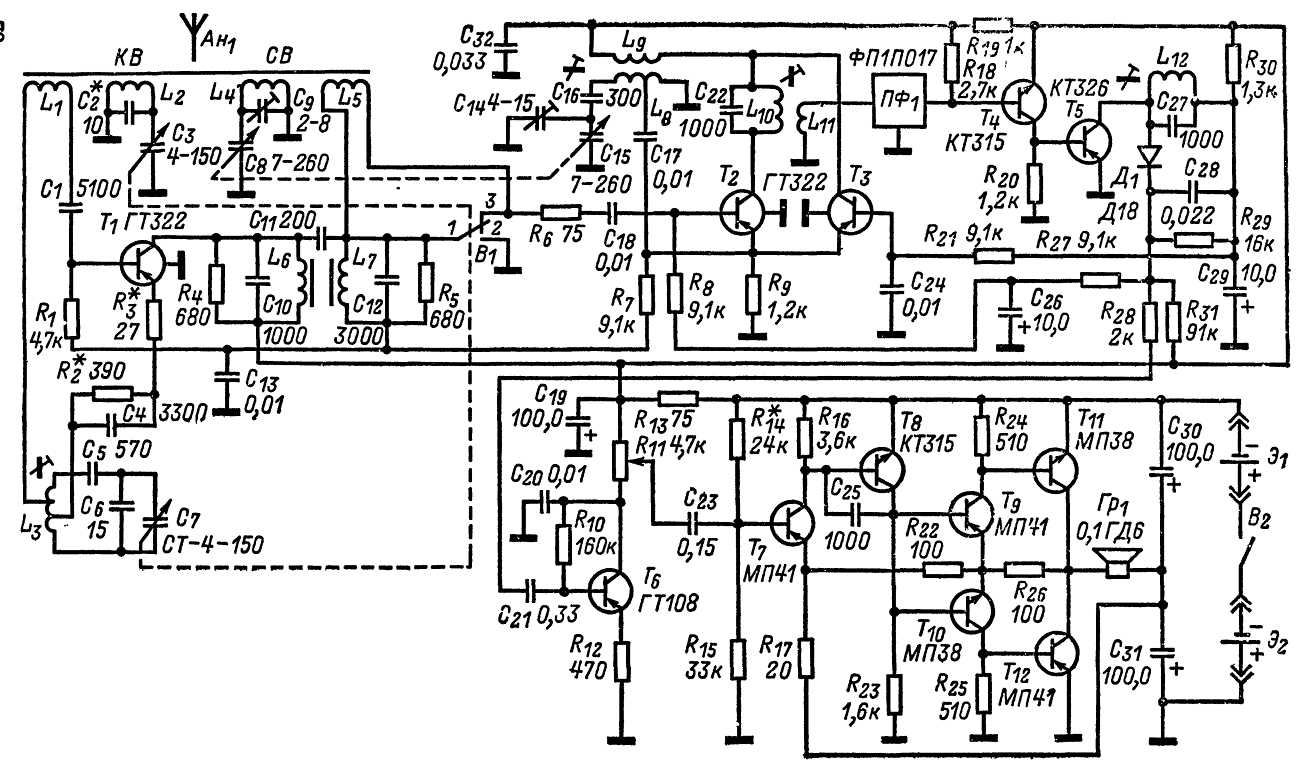


Рис. 31. Принципиальная схема приемника.

напряжение на базу транзистора T_2 подается с коллектора транзистора T_5 через резистор нагрузки R_{29} детектора и развязывающий фильтр $R_{27}C_{26}$. Смещение на базу транзистора T_4 подается с резистора R_{19} в цепи коллектора транзистора T_2, а на базу транзистора T_5 — с резистора R_{20} в цепи коллектора транзистора T_4, образуя замкнутое кольцо. Режим работы каждого из транзисторов, определяемый сопротивлениями резисторов в коллекторных цепях, автоматически поддерживается при замене транзисторов, изменении температуры окружающей среды и напряжения источника питания.

Система стабилизации по существу представляет собой линейный усилитель постоянного тока (УПТ) на транзисторах T_2 и T_4, включенный в цепь отрицательной обратной связи транзистора T_5. Нелинейная зависимость тока транзистора T_5 от напряжения на его базе совместно с УПТ обеспечивает с высокой точностью стабилизацию напряжения на его коллекторе, а следовательно, и режимов транзисторов T_2 и T_4, для которых это напряжение является опорным.

Эта особенность системы стабилизации позволила использовать ее и для усиления АРУ. При отсутствии или малом уровне сигнала на входе приемника система стабилизации работает, как уже было описано. Транзистор T_3 в работе не участвует, так как напряжение смещеиия на его базе меньше напряжения на базе транзистора T_2 и он закрыт (напряжение на базе T_2 больше напряжения на базе T_3 на величину падения напряжения на диоде $Д_1$, смещенного в прямом направлении за счет резистора R_{31}).

С увеличением входного сигнала возрастает напряжение на входе детектора и постоянная составляющая продетектированного сигнала, вычитающаяся из напряжения на конденсаторе C_{29}, закрывает транзистор T_2 (через фильтр АРУ). При этом система стабилизации режима срабатывает так, что обеспечивает постоянство суммарного коллекторного тока транзисторов T_2 и T_3 и, следовательно, увеличивает напряжение смещения на базе транзистора T_3 таким образом, что ток его коллектора становится больше на величину тока коллектора транзистора T_2. Происходит перераспределение токов между транзисторами T_2 и T_3 при высоком постоянстве их суммарного тока. Это приводит, во-первых, к уменьшению усиления преобразователя частоты на транзисторе T_2 и, во-вторых, к постоянству режима гетеродина, в котором теперь работают два одинаковых транзистора T_2 и T_3 при постоянном суммарном токе коллекторов, что обеспечивает стабильность частоты гетеродина. Нетрудно заметить, что при очень сильном входном сигнале транзистор T_2 окажется практически закрытым и его функция в системе стабилизации перейдет к транзистору T_3.

Благодаря высокой стабильности суммарного тока коллекторов транзисторов T_2 и T_3 падение напряжения на резисторе R_9, включенном в цепь эмиттеров этих транзисторов, также весьма постоянно и независимо от АРУ и изменения напряжения источника питания. Это позволяет напряжение, действующее на резисторе R_9, использовать в качестве напряжения смещения для транзистора T_1 (подается на базу через фильтр R_7C_{13} и резистор R_1). В диапазоне СВ это напряжение замкнуто на общий привод литания через катушку фильтра L_7 и контакты *1* и *2* переключателя B_1 и транзистор T_1 закрыт.

При переходе на диапазон КВ вращением оси блока конденсаторов C_3—C_6 замыкаются контакты *1* и *3* переключателя диапазонов. При этом появляется напряжение смещения на базе транзис-

тора T_1 и замыкается накоротко катушка связи L_5, предотвращая тем самым прием радиостанций диапазона СВ.

Сигнал КВ радиостанций, выделенный входным контуром $L_1C_2C_3$ этого диапазона, через катушку связи L_1 поступает на базу транзистора T_1 первого преобразователя частоты с совмещенным гетеродином. Такое решение допустимо, потому что из-за значительной разницы в частотах настройки входного и гетеродинного контуров (1,84 МГц) они слабо влияют друг на друга и частота колебаний гетеродина остается достаточно стабильной.

Сигнал гетеродина с его контура $L_3C_5C_6C_7$ подается на базу транзистора T_1 через катушку связи L_1. Как смеситель преобразовательного каскада транзистор T_1 включен по схеме ОЭ, а как гетеродин — по схеме ОК. В его коллекторную цепь включен полосовой фильтр первой промежуточной частоты $L_6C_{10}C_{11}L_7C_{12}$ с полосой пропускания около 0,4 МГц и средней частотой настройки 1,84 МГц. Необходимую полосу пропускания и симметричность формы кривой селективности фильтра обеспечивают резисторы R_4 и R_5.

Сигнал первой ПЧ в интервале частот 1,64—2,04 МГц подается на базу транзистора T_2, работающего теперь во втором преобразователе частоты, и преобразуется им в промежуточную частоту 465 кГц (ПЧ диапазона СВ). Преобразование происходит в интервале частот второго гетеродина (гетеродина диапазона СВ) от 1,175 до 1,575 МГц, что соответствует частотам 0,71—1,11 МГц по шкале диапазона СВ, т. е. только части угла поворота оси конденсаторов настройки C_3 и C_7. Создающаяся при этом частотная плотность шкалы совпадает с частотной плотностью диапазона СВ и является вполне приемлемой с точки зрения легкости настройки. Это обстоятельство позволило отказаться от дополнительной растяжки настройки и существенно упростило коммутацию цепей приемника.

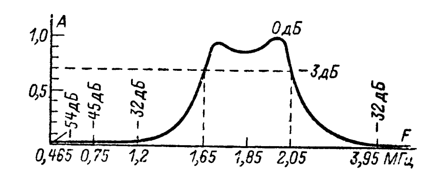


Рис. 32. Кривая селективности фильтра первой ПЧ приемника.

В зависимости от емкости конденсаторов C_3 и C_7 блока входной контур $L_2C_2C_3$ и контур $L_3C_5C_6C_7$ гетеродина могут быть настроены так, что будет обеспечен прием радиовещательных или любительских станций диапазона КВ в полосе частот 0,4 МГц, плавная настройка в пределах которой, как уже упоминалось, осуществляется перестройкой гетеродина второго преобразователя частоты, являющегося преобразователем диапазона СВ.

Благодаря двойному преобразованию частоты и сравнительно высокой первой ПЧ селективность приемника по зеркальному каналу приема первого преобразователя получается около 30 дБ на самой высокой частоте диапазона КВ. Подавление помех по зеркальному каналу второго преобразователя частоты также не менее 30 дБ, что иллюстрируется кривой селективности фильтра первой ПЧ, показанной на рис. 32.

Высокая эффективность АРУ, исключающая перегрузку первого каскада УЗЧ, позволяет включать регулятор громкости после каскада предварительного УЗЧ, выполненного на транзисторе T_6. Этот каскад особенностей не имеет и работает с коллекторной стабилиза-

цией режима за счет ООС через резистор R_{10}. Переменный разистор R_{11}, выполняющий роль регулятора громкости, является одновременно нагрузкой транзистора T_6. Такое его включение возможно при хорошем контакте движка с токонесущей подковкой резистора и разделительном бумажном или керамическом конденсаторе C_{23} сравнительно малой емкости. В противном случае звук во время регулирования громкости будет сопровождаться шорохами и тресками.

Особенностями УЗЧ являются: работа транзисторов выходного и предвыходного каскадов при токах коллекторов, близких к нулю; коэффициент передачи предвыходного каскада больше 1; способ подачи напряжения ООС на первый каскад усилителя.

Первая особенность позволяет получить высокую температурную стабильность работы транзисторов выходного каскада без подбора их режима и применения терморезисторов. Возникающие при этом характерные искажения устраняются введением глубокой ООС.

Вторая особенность, существенно повышающая к. п. д. выходного каскада, заключается в том, что эмиттеры транзисторов T_9 и T_{10} предвыходного каскада подключены к делителю, образованному резисторами R_{26} и R_{22}, включенному параллельно нагрузке $Гр_1$. Это позволило при напряжении источника питания 3 В получить максимальную выходную мощность УЗЧ, равную 65 мВт.

Третья особенность позволила исключить один электролитический конденсатор большой емкости и таким образом несколько уменьшить площадь, занимаемую УЗЧ, что существенно для миниатюрного приемника. Для этого вместо отдельного блокировочного конденсатора эмиттерной цепи транзистора T_6 первого каскада усилителя ис-

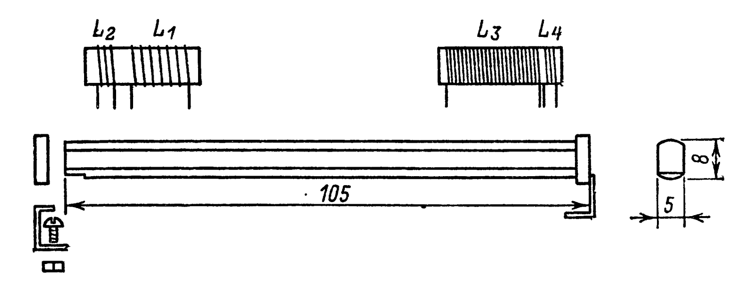


Рис. 34. Детали магнитной антенны.

пользуются конденсаторы C_{30} и C_{31}, образующие по переменному току искусственную среднюю точку источника питания. При выбранных номиналах резисторов R_{26} и R_{22} делителя глубина ООС определяется сопротивлением резистора R_{17}. Коэффициент гармоник в диапазоне частот 200—500 Гц не превышает 5%.

Приемник смонтирован в корпусе миниатюрного промышленного приемника «Юпитер». Его печатная плата и соединение деталей на ней показаны на рис. 33. Блок конденсаторов переменной емкости C_8 и C_{15} с подстроечными конденсаторами C_9 и C_{14} (КПТМ-4); диск настройки со шкалой, арматура катушек контуров гетеродина и УПЧ, переменный резистор R_{11} (регулятор громкости) и го-

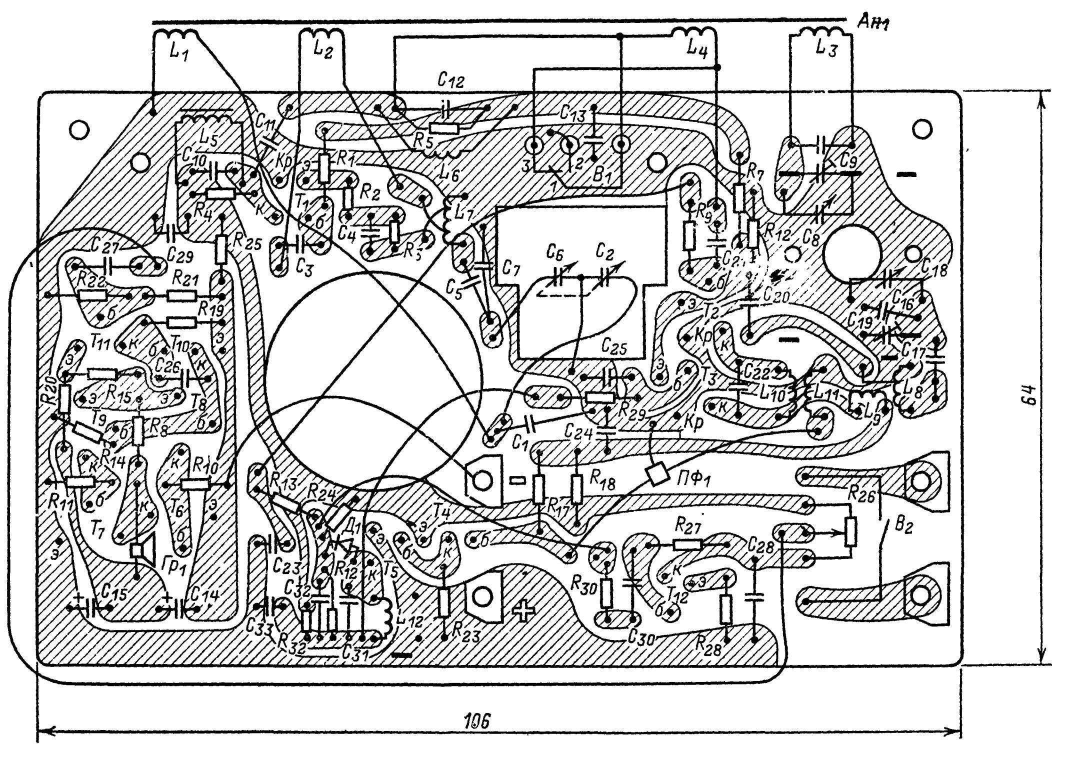


Рис. 33. Печатная плата и схема соединения деталей.

ловка 0,1ГД-6 использованы от приемника «Юпитер». Резисторы типа ВС-0,125 или МЛТ-0,125; конденсаторы C_2, C_6, C_{16} типа КТ-1а; C_5, C_{10}—C_{12}, C_{22}, C_{25} и C_{27} — ПМ-1; C_1, C_4, C_{13}, C_{17}, C_{18}, C_{24}, C_{28} и C_{32} — К10-7; C_{19}, C_{26}, C_{29}—C_{31} — К50-6; C_{21} — К10-22. Конденсаторы переменной емкости C_3 и C_7 — блок КПЕ от приемника «Орленок» или «Космос». Стержень магнитной антенны — из феррита марки 150ВЧ-1 диаметром 8 мм, переключатель B_1 — микропереключатель МП-7.

Намоточные данные контурных катушек приведены в табл. 5.

Стержень магнитной антенны необходимо обрезать и обработать на абразивном круге или корундовой шкуркой, чтобы придать ему форму, показанную на рис. 34, и покрыть цапонлаком для влагостойкости. Детали крепления стержня на монтажной плате можно сделать из листовой латуни или алюминия толщиной 0,5—0,7 мм.

Укоротить ферритовый стержень можно так: прорезать краем абразивного круга кольцевую канавку, а затем отломить ненужную

Таблица 5

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1 L_2 L_3 L_4 L_5	3 9 21+1,5+ +3,5 85 9	ПЛШО 0,14 ПЛШО 0,41 ПЛШО 0,21 ПЭВ-2 0,14 ПЭВ-2 0,14	М150ВЧ-1, 8×5× ×105 Альсифер ∅ 3 мм М150ВЧ-1, 8×5× ×105	Шаг намотки 1,5 мм
L_6 L_7	32 32	ПЛШО 0,14 ПЛШО 0,14	Кольцо из феррита, 600НН, ∅ 7 мм	Два зазора по 0,05 мм
L_8 L_9	72,5+ +3,5 10	ПЭВ-2 0,11 / ПЭВ-2 0,11	М1000НН, ∅ 6 мм	От приемника «Юпитер»
L_{10} L_{11}	78 20	ПЭВ-2 0,11 ПЭВ-2 0,11	М1000НН, ∅ 6 мм	От приемника «Юпитер»
L_{12}	78	ПЭВ-2 0,11	М1000НН, ∅ 6 мм	От приемника «Юпитер»

часть. Место излома отшлифовать на том же круге или шкуркой. Некоторое уплощение ферритового стержня необходимо для размещения его в корпусе (вместо стержня плоского сечения, используемого в приемнике «Юпитер»). Склеивать каркасы катушек целесообразно на еще не обработанном стержне круглого сечения, необходимую конфигурацию они примут при намотке катушек.

Стержень магнитной антенны крепят к деталям его держателя двумя колечками из поливинилхлоридной трубки подходящего диаметра. Контурные катушки L_6L_7 фильтра первой ПЧ диапазона КВ наматываются на кольцах Ø 7 мм из феррита марки 600НН, сломанных на две части и затем склеенных с зазором 0,05 мм, или на целых кольцах из феррита марки М200ВЧ. Прокладками в зазоре колец могут быть кусочки чертежной кальки, лишние части которых после высыхания клея обрезаются. Намотку провода производят швейной иглой или специальным челноком в один ряд равномерно по всему кольцу. Готовые катушки размещают на плате со стороны печатных проводников и после их окончательной настройки приклеивают к плате клеем БФ-4. Незначительное изменение параметров фильтра $L_6C_{10}C_{11}L_7C_{12}$ не сказывается на качестве работы приемника.

Узел переключателя диапазонов изображен на рис. 35.

Микропереключатель *4* крепят к монтажной плате скобкой из медной проволоки диаметром 0,8—1 мм. Для управления кнопкой микропереключателя на ручку *1* управления блоком КПЕ *2* (конденсаторы C_3, C_7) приклеивают трапециевидный кусочек пластмассы *6* в положении ручки, соответствующем максимальной емкости конденсаторов блока. Во избежание поломки переключающего штифта микропереключателя между ним и выступом на ручке управления блоком устанавливают полоску *5* из листовой латуни, бронзовой или стальной фольги толщиной 0,05—0,1 мм (можно из отожженного лезвия безопасной бритвы).

Батарея, питающая приемник, составлена из двух элементов 316 ($Э_1$ и $Э_2$). Для контакта с полюсными выводами и крепления элементов на плате приемника применены контактные пружины из луженой (или никелированной) латуни. Их необходимо приклепать к монтажной плате пустотелыми заклепками. Для удобства монтажа выключатель питания B_2, сопряженный с регулятором громкости, включен между элементами батареи.

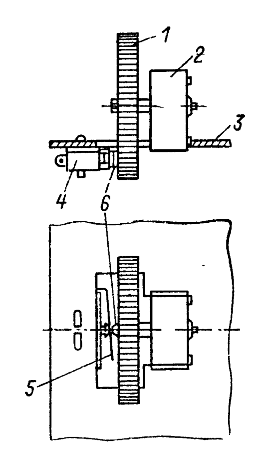


Рис. 35. Узел переключателя диапазонов.

В целях экономии места на монтажной плате детали предварительного УЗЧ и некоторые детали УПЧ (R_{10}, R_{12}, R_{18}, R_{19}, R_{28}, R_{31}, C_{13}, C_{20}, C_{24}, C_{32}) размещены на ней со стороны печатных проводников под элементами питания. Для жесткости этой части монтажа в отверстия в плате для выводов деталей вставлены и развальцованы пустотелые заклепки диаметром 2 мм.

При монтаже деталей на плате необходимо внимательно следить за тем, чтобы не оказалось коротких замыканий между выводами деталей и затеков припоя между печатными проводниками при пайке, возможных из-за большой плотности монтажа и малых зазоров между проводниками.

Налаживание приемника начинают с того, что подбором резистора R_{14} устанавливают на средней точке конденсаторов C_{30}, C_{31} напряжение, равное половине напряжения источника питания. Име-

ется в виду фактическое напряжение питающей батареи, а не 3 В. Дело в том, что два свежих элемента 316 имеют напряжение 3,2 В; разница же в напряжении на транзисторах выходного каскада даже на 0,2 В в приемнике с низковольтным питанием существенно сказывается на максимальной мощности и искажениях.

При возникновении самовозбуждения в УЗЧ следует увеличить емкость конденсатора C_{25}. Подбором этого конденсатора можно также корректировать частотную характеристику УЗЧ в области высших частот звукового диапазона (по субъективному качеству звучания).

Напряжение на коллекторе транзистора T_6 предварительного каскада УЗЧ, равное примерно половине напряжения источника питания, устанавливают подбором резистора R_{10}. Можно не стремиться к большой точности этого напряжения, так как амплитуда выходного сигнала значительно меньше напряжения на коллекторе транзистора этого каскада.

Контуры $L_{10}C_{22}$ и $L_{12}C_{27}$ УПЧ настраивают на среднюю частоту полосы пропускания пьезокерамического фильтра, по сигналам местной мощной радиостанции диапазона СВ или с помощью ГС, настроенного на частоту 465 кГц. Так как действие АРУ весьма эффективно, то в качестве индикатора настройки следует использовать вольтметр на напряжение 1—3 В (авометр), подключив его параллельно конденсатору C_{29}. При точной настройке вольтметр должен показывать напряжение примерно на 0,1—0,15 В больше, чем напряжение при отсутствии входного сигнала.

После настройки УПЧ производят укладку частотных границ диапазона СВ: на частоте 525 кГц — сердечником катушки L_8 контура гетеродина, на частоте 1605 кГц — подстроечным конденсатором C_{14}. Эту операцию обычно выполняют троекратно, чтобы методом последовательных приближений достаточно точно установить начало и конец диапазона. Сигнал ГС может быть подан на базу транзистора T_2 через конденсатор емкостью 0,01—0,047 мкФ.

Затем производят сопряжение входного и гетеродинного контуров. При этом сигнал ГС подают на вход приемника через незамкнутый виток связи диаметром 150—200 мм из монтажного провода, подключенный к ГС через резистор сопротивлением 75—82 Ом. Установив приемник перпендикулярно плоскости витка, поочередно принимают сигналы ГС частотой 560 и 1400 кГц и подстраивают входной контур диапазона СВ по максимуму сигнала на выходе приемника или по максимуму показаний индикатора настройки. На частоте 560 кГц подстройку осуществляют перемещением катушки L_4 по стержню магнитной антенны, а на частоте 1400 кГц — подстроечным конденсатором C_9. Эту операцию повторяют не менее 3 раз.

Затем приемник переключают на диапазон КВ, а сигнал ГС через конденсатор емкостью 0,01 мкФ подают непосредственно на базу транзистора T_1 (а не через катушку связи L_1), при этом колебания гетеродина КВ срываются. Настраивая ГС в пределах 1,5—2,5 МГц, определяют границы полосы пропускания фильтра первой ПЧ. Индикатором служит высокочастотный милливольтметр со шкалой 10—100 мВ, подключенный к выходу фильтра. Если такого прибора нет, нужно убедиться, что чувствительность приемника с базы транзистора T_1 в полосе ±0,175—0,2 МГц от средней частоты 1,84 МГц не менее 2—3 мкВ. Некоторое смещение полосы пропускания первой ПЧ существенного значения не имеет.

Возможна также настройка фильтра $L_6C_{10}C_{11}L_7C_{12}$ отдельно от

приемника при уровне сигнала около 1 В по показаниям высокочастотного вольтметра со шкалой 1 В или даже вольтметра постоянного тока (авометра), подключенного к выходу фильтра через высокочастотный германиевый диод.

По шкале ГС устанавливают точное значение средней частоты фильтра ПЧ (1,84 МГц) и, зафиксировав ось блока конденсаторов C_8 и C_{15} в этом положении, переходят к укладке и градуировке шкалы диапазона КВ. При этом сигнал ГС подают на вход приемника через виток связи с магнитной антенной. Подстроечным сердечником катушки L_3 и подбором конденсатора C_6 устанавливают границы диапазона КВ с запасом в 0,3—0,4 МГц в обе стороны. За низкочастотную границу диапазона принимают то положение оси блока конденсатора C_3 и C_7, при котором еще не срабатывает микропереключатель B_1. Затем перемещением катушки L_2 по ферритовому стержню и подбором конденсатора C_2, несколько отступая от крайних точек, сопрягают настройки входного и гетеродинного контуров первого преобразователя по максимуму выходного сигнала. Учитывая возможный при этом уход частоты первого гетеродина, во время этой операции следует подстраивать ГС, следя за показаниями индикатора настройки. По окончании настройки все сердечники и подвижные катушки заливают расплавленным воском с небольшим содержанием канифоли.

Градуировку шкалы блока конденсаторов C_3, C_7 производят на частотах 6,1; 7,2; 11,8 и 15,3 МГц при емкости блока конденсаторов C_8 и C_{15}, соответствующей настройке на точное среднее значение первой ПЧ. Необходимость точной установки частоты второго гетеродина объясняется тем, что его гармоники, попадая (из-за несовершенства экранировки контурной катушки L_8) на вход первого преобразователя, создают пораженные точки в диапазоне частот КВ, мешающие приему КВ радиостанций на соответствующих частотах. Среднее значение первой ПЧ выбрано так, чтобы обеспечить минимальное число таких точек в радиовещательных участках диапазона. Только 9-я гармоника частоты второго гетеродина оказывается в полосе частот диапазона 25 м (11,7—11,975 МГц), что легко устраняется увеличением среднего значения первой ПЧ на 10 кГц при градуировке на частоте 11,8 МГц.

При желании положения ручки управления блоком конденсаторов C_3, C_7, соответствующие радиовещательным КВ диапазонам, могут быть зафиксированы с помощью пружинного или шарикового фиксатора.

По мнению автора, приемники с низковольтным питанием должны заинтересовать радиолюбителей, которые, используя схемы радиотрактов и дополняя их различными схемами УЗЧ, смогут конструировать приемники в соответствии со своими вкусами и возможностями, а также модернизировать морально устаревшие малогабаритные приемники.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Схемные и конструктивные особенности любительских приемников 4
Переносный приемник «Ялта» 29
Переносный приемник «Ялта-2» 41
Приемник радиокомплекса «Крым» 52
Миниатюрные приемники с низковольтным питанием 66

45 к.

